

特殊防火衣に関する研究

長谷川 浩 治*
赤 萩 勇*
大 山 繁 之*

1. はじめに

昭和50年10月に行った富国生命ビルの火災実験(単室火災, 可燃物量 25kg/m³)における測温結果によると, 火災室直前の廊下で, 12分経過時の温度は200°C, 火災室入口から 20m 離れた廊下の, 同一経過時の温度は 60°C を示しているが, 実際の火災の場合には実験と異なり, 延焼拡大の程度いかんによって建築物内の雰囲気温度もかなり上昇し, 隊員の屋内侵入は相当困難になっているものと考えなければならない。このような場合には, 当然建物内部に注水し, 冷却をはか

ってから呼吸保護器を着装して侵入することになるが, 高温, 高湿となって消防活動効率がかなり減退することは否めない。

このようなビル火災対策として今回試作した特殊防火衣は, 水と水を冷却剤とし, 冷水を身体の周囲に循環させることによって, 現在使われている防火衣より幾分でも高い温度雰囲気下での作業の効率化を図ろうとするものである。しかし, 冷却剤の性質から, 対応する雰囲気温度には自ら制約があり, これらの点も含めて引続き実験, 研究中である。

本報告では, 特殊防火衣の構造, 機能及び定温条件



写真 1 特殊防火衣着装状態 (前面)

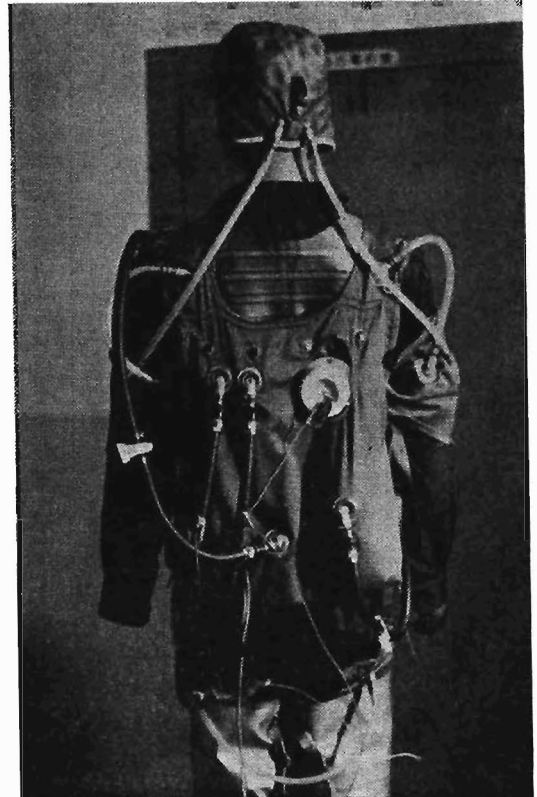


写真 2 特殊防火衣着装状態 (後面)

* 第一研究室

下の試験結果について述べる。

2. 構造

この特殊防火衣は、高温雰囲気下の建築物火災における消防活動を少しでも効率化し、活動環境の向上を図ることを主たる目的として試作したものであるが、一般的に「炉前服」と呼ばれる市販のクールスーツと異なり、行動性に重点を置いた冷水循環式を採用している。炉前服の場合は長いホースを通して送られる冷気が、頭部を含めた冷房服全体を循環するが、ホース

を引ずっているため、活動性に大きな問題がある。いわゆる「ひも付」を嫌う傾向は、その活動性が制約されることにあるから、当初検討の対象としたこれらの炉前服型式は採用しなかった。この特殊防火衣は、氷による水の冷却を利用する冷水循環式で、機構的には極めて簡単であり、行動を制約される要素は全くない。

写真一1及び2は特殊防火衣を着装した状態の写真であるが、現場で使用する際はこの上に通常の防火衣及びケモックス呼吸保護装置を着装する。また、この特殊防火衣は、背中に背負った冷水袋に入れた水と水

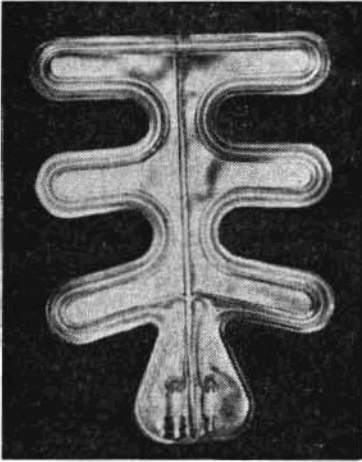


写真3 頭部冷水マット

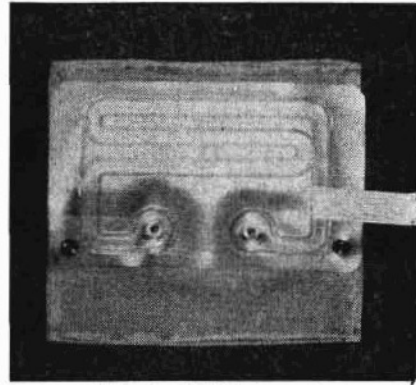


写真5 胸部冷水マット

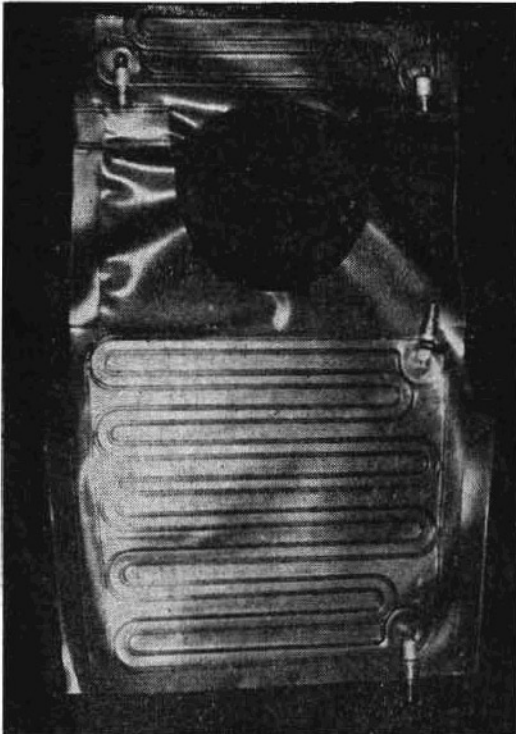


写真4 胸前部冷水マット

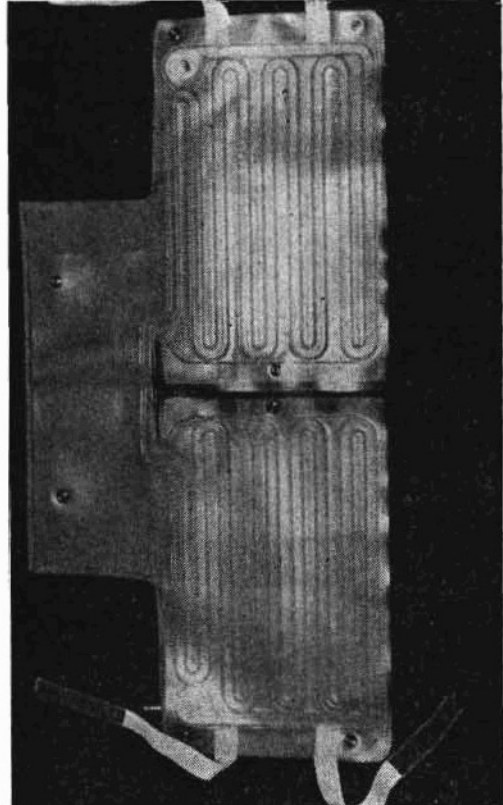


写真6 脚部冷水マット

による冷水を循環させて身体の冷却を図るため、冷水マット、冷水袋、外装カバー、バッテリー及び接続ホースから構成されている。冷水マットには冷水が循環する水路がプリント配管されており、冷水袋内の冷水を水中ポンプにより各部冷水マットに送り、身体を冷却する構造となっている。なお各部の詳細は次のとおりである。

(1) 冷水マット

冷水マットは、身体の各部分を冷却するマットで、頭部(写真-3)、胸前部(写真-4)、胸後部、両腕上腕部(写真-5)及び両脚大腿部(写真-6)の5カ所の部分から構成されている。冷水マットの材料はピンホールによる漏水を防止するため、0.25mmのビニールシートを貼り合せて0.5mmにした材料を使用し、冷水マットのプリント配管加工には金型(本試作中で最も重要な治具)を用い、0.5mmのビニールシート材料を2枚に重ね、その上に金型をのせ高周波圧着したものである。冷水マット各部分の冷却面積及びプリント配管の長さは表-1に示すとおりである。各冷水マットはつぶれを防止する目的の硬質ビニールホースにより連結され、各循環系統ごとに冷水が循環する。循環系統は身体の冷却効率を上げるため二系統に別れ、第一循環系統は冷水袋から胸前部、両脚の順に通過して冷水袋に戻る系統で、第二循環系統は冷水袋から胸後部、右上腕部、頭部、左上腕部の順に通過して冷水袋に戻る系統である。

表 1 冷水マット冷却面積及びプリント配管長さ

冷水マット名	冷却面積	水路長さ
頭部	350cm ²	150cm
胸前部	914cm ²	288cm
胸後部	992cm ²	268cm
腕部	片腕 260cm ² 両腕 520cm ²	片腕 78cm 両腕 156cm
脚部	1,632cm ²	616cm

(2) 冷水袋

冷水袋は水を貯え、冷水を常に冷水マットに供給する冷却器の役目をする袋で、写真-7のような構造である。袋の容積は角氷3kg及び水2ℓが入る大きさで、冷水マットと同一の材料を使用している。袋の中には冷水の循環系統にあわせて二基の水中ポンプが備えられており、水中ポンプにより送り出された水は冷水マットプリント配管を通り、熱を吸収して再び冷水袋に戻り氷によって冷やされ再び送り出されるというサイクルを繰り返す。また水中ポンプの電源として単1、

1.5VのNi-Cd電池10ヶを収納したバッテリーが用いられている。

(3) 外装カバー

外装カバーは冷水マット及び冷水袋を保護し、身体への装着を容易にするもので、フェノール系繊維で作成されている。外装カバーは頭部、胸部、腕部及び脚部から構成され、胸部背中には冷水袋を背負う袋を有

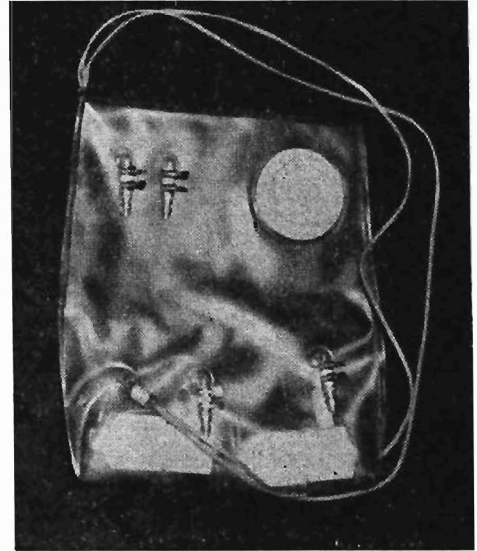


写真-7 冷水袋

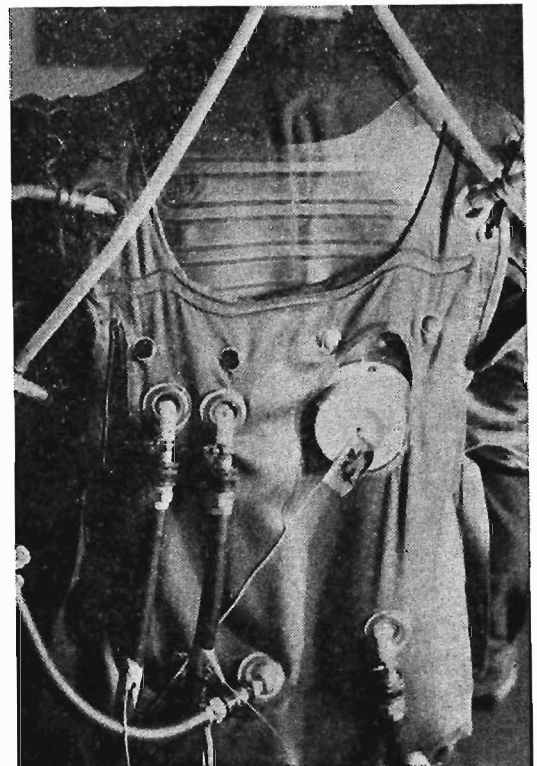


写真-8 連結ホース

し、胸及び腰部にはバッテリーを装着するバンドが備えてある。着装に際しては身体の大きさにより腕及び脚部の取り付け位置が調整可能で、身体との固定はマジックファスナーにより簡単に固定出来るようになっている。(写真-1 及び 2 参照) また冷水袋と冷水マットの連結ホースには高圧ゴムホースを使用し、ホースはワンタッチで着脱可能なカップリングを使用している。(写真-8 参照)

3. 諸元性能

- (1) 冷水マット 耐寒性塩化ビニール、高周波圧着プリント配管製
- (2) 外装カバー フェノール系耐熱繊維製
- (3) ホース 高圧ゴムホース及び芯入り硬質ビニール
- (4) 水中ポンプ DC12V、400 GPH
- (5) 水中ポンプ流量 ポンプ回転 低 800 cc/min
ポンプ回転 高 1600 cc/min
- (9) バッテリー 単一、Ni-Cd 1.5V、10本
- (7) バッテリー使用時間 ポンプ回転 低 2時間
ポンプ回転 高 1時間
- (8) 冷却剤 角氷 3 kg
- (9) 冷却能力 420 kcal/hr
- (10) 冷却時間 1～2時間
- (11) 冷却調整 バッテリースイッチ切替及び流量調整弁
- (12) 重量 7.7kg (氷及び水は含まず)

4. 着装要領

特殊防火衣の着装は、次の要領で行う。

- (1) 特殊防火衣を収納箱から取り出し、頭部、腕部及び脚部冷水マットならびに連結ホースを接続する。
- (2) 冷水袋内に角氷 3 kg 及び水 2 l を入れる。
- (3) 特殊防火衣を着装し、腕及び脚部冷水マットを身体にあわせて調整する。
- (4) バッテリーを接続し、ベルトに固定する。
- (5) 特殊防火衣の上にアルミックス防火衣を着装する。
- (6) ケモックス呼吸保護装置を着装する。
- (7) 呼吸保護装置面体上から、特殊防火衣頭巾をかぶる。
- (8) 侵入する直前にバッテリースイッチを入れる。
- (9) 必要冷却量にあわせ、流量調整弁及びバッテリースイッチの切替により調整を行う。

5. 性能実験

- (1) 実験日時

昭和52年 3月～5月

- (2) 実験場所
消防科学研究所混合実験室

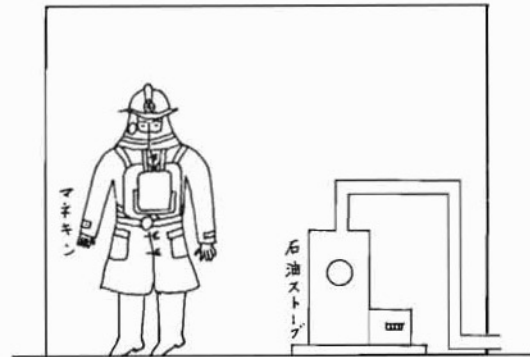


図-1 実験設定図

表 2 マネキン胸部の各測定位置における温度変化

測定位置	ポンプ回転	水の量	時間(分)						
			0	10	20	30	40	50	55
室内	高	1.0	15.8	32.2	42.4	49.3	55.2	57.9	60.5
		1.5	21.4	36.8	47.3	53.8	58.2	60.7	64.0
		2.0	19.7	39.1	49.2	55.2	59.9	62.4	64.9
	低	1.0	20.4	37.3	48.9	54.6	60.3	63.0	65.9
		1.5	21.1	46.4	57.0	63.3	68.0	71.0	74.0
		2.0	19.5	53.1	57.9	63.1	66.6	68.9	71.3
面体内	高	1.0	14.3	20.8	31.5	38.9	44.8	48.9	52.1
		1.5	20.4	42.1	43.1	33.8	0.44	2.47	6.51
		2.0	16.6	26.3	37.7	45.0	49.8	53.9	57.1
	低	1.0	20.0	30.5	41.3	48.8	55.8	58.0	62.0
		1.5	21.3	33.6	47.1	55.6	60.7	65.2	68.7
		2.0	18.9	32.4	43.8	45.8	51.8	55.7	59.0
特殊防火衣内部	高	1.0	15.3	14.5	17.2	20.5	23.8	26.9	29.6
		1.5	21.2	15.1	17.1	19.8	23.2	25.3	28.8
		2.0	18.7	14.3	15.7	18.0	20.5	23.2	27.3
	低	1.0	20.2	12.2	0.27	9.33	1.40	2.42	6.46
		1.5	21.3	23.6	30.4	37.3	42.8	37.6	30.0
		2.0	19.6	28.1	28.8	34.2	39.2	43.4	47.4
執務服内部	高	1.0	15.6	13.3	13.4	15.3	18.3	21.2	24.1
		1.5	20.9	14.3	14.1	15.7	17.9	19.8	22.3
		2.0	20.9	14.3	14.1	15.7	17.9	19.8	22.3
	低	1.0	20.5	21.1	26.4	32.0	38.2	41.8	45.8
		1.5	21.5	22.6	28.2	34.8	40.0	35.7	32.4
		2.0	19.2	26.9	20.3	31.4	43.6	39.9	44.1

表 3 経過時間別各部冷水温度推移

時 間	測定位置			冷水袋内水温 (°C)						第一循環系路水温(°C)						第二循環系路水温(°C)					
	ポンプ 回転 水の量	高			低			高			低			高			低				
		1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0		
0		1.9	6.7	1.7	2.9	1.7	0	13.8	18.4	16.5	19.5	18.9	17.1	14.5	19.1	16.9	18.1	18.8	14.9		
10		0	0	0	4.1	0	0	15.7	17.0	17.7	20.5	20.0	24.5	13.7	15.1	13.8	18.9	19.7	20.7		
20		1.3	0.4	0	4.6	0	0	19.8	19.9	21.1	30.5	29.4	27.3	16.1	17.8	17.3	25.8	26.2	20.1		
30		3.6	1.0	0.9	5.6	0	0	23.8	22.8	24.7	38.3	36.8	34.0	20.0	20.6	20.5	32.5	31.6	24.8		
40		3.9	2.5	1.7	5.5	1.1	0	27.5	25.8	27.3	44.2	43.6	39.2	23.7	23.2	22.8	37.3	39.0	28.7		
50		11.3	5.9	3.0	—	0.4	0	30.6	28.1	30.0	—	46.1	43.0	26.8	25.5	25.4	—	41.3	31.9		
60		15.0	10.7	5.4	—	1.1	0	33.1	31.0	34.0	—	49.7	46.1	29.7	27.9	29.7	—	44.9	34.3		

(3) 実験設定

図-1のように実験室内に、実際の使用状態で執務服、特殊防火衣、アルミックス防火衣及びケモックス呼吸保護装置を着装させたマネキンを置き、そのマネキンの各部に温度測定のため熱電対を19点設定し、室内をポット型ストーブで60~70°Cに加熱し、各部の温度変化を測定した。

(4) 測定位置

- ア 防火衣外部温度 2点
- イ 呼吸器面体内部 1点
- ウ 特殊防火衣内部 7点
- エ 執務服内部 6点
- オ 水温 3点

(5) 実験項目

- ア 氷の量を1kg、1.5kg及び2kgと変えた場合の冷却能力の相違
- イ 水中ポンプ回転を高及び低に変えた場合の冷却能力の相違
- ウ 循環系統及び循環経路順による冷却能力

(6) 実験結果

- ア 加熱実験による胴部各位置における温度変化は表-2のとおりである。
- イ 冷水袋内及び各循環系統別戻り管の水温測定結果は表-3のとおりであり、また冷水による吸収熱量の推移は図-2のとおりである。
- ウ 循環経路順による内部温度の差は表-4のとおりである。

(7) 考察

今回の性能実験の結果は前述のとおりであるが、この実験における60分経過時の内部各点の温度の関係をみると、表-2のようにポンプ回転が高い場合は室内温度が70°C近い温度であっても、特殊防火衣の内部温度

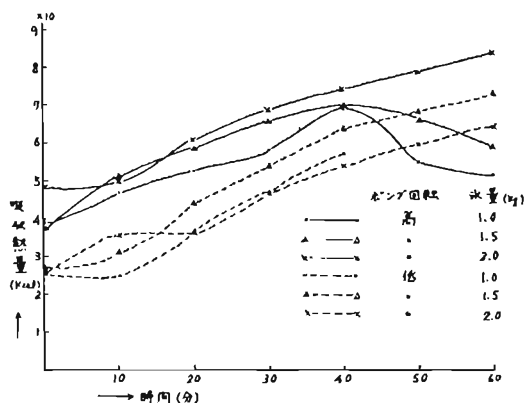


図-2 ポンプ回転及び氷量別吸収熱量推移図

表 4 循環経路順内部温度

測定位置	水 量	第一循環系統			第二循環系統			
		胴前	右胸	左胸	胴後	右腕	頭	左腕
ポン プ 回 転 (高)	1.0	29.6	30.7	34.2	20.5	31.3	37.2	35.3
	1.5	28.8	29.8	32.5	17.4	32.2	33.7	34.2
	2.0	27.3	32.4	34.0	16.9	32.7	33.7	34.2
ポン プ 回 転 (低)	1.0	45.3	36.4	40.9	33.1	40.6	45.0	44.1
	1.5	46.8	38.9	42.1	34.3	46.8	49.1	47.1
	2.0	47.4	40.2	41.6	32.7	44.0	49.5	49.3

は30°C以下であり、また執務服の内部温度も25°C以下という低い温度しか示さなかった。しかしポンプ回転を低くした場合においては、特殊防火衣の内部で48°C、執務服内部で45°Cという高い温度を示し、ポンプ回転が高い場合と低い場合との内部温度の比は約1:2で、ポンプ回転が高い場合と低い場合との冷水流量の比2:1の逆であり、冷水流量と内部温度の上昇割合とは反比例することを示している。内部各点の

温度からみた消防活動の可否については、人間が長時間作業を行うことが出来る温度は、労働衛生ハンドブックによると、湿度 100% で 33°C 以下とされていることから、今回の実験のように体温の変化を無視したマネキン人形の場合だと 70°C 以下の雰囲気温度下で顔面の冷却が可能であれば、ポンプ回転が高で 1 時間、ポンプ回転が低で 30 分間は作業が可能とおもわれる。

冷水袋内の循環前の冷水温度と循環後の冷水温度の差から図-2のようなグラフを得たが、熱吸収量は時間の経過とともに大きくなり、またポンプ回転が高い程、氷の量が多い程熱吸収量が大きくなっている。これは熱が高い方から低い方に流れ、温度差が大きい程移動量が大きいことから、冷水流量の多いポンプ回転の高い方が低い方より、また氷の量の多い方が少ない方より冷水の温度が低いため、このような結果になったものと思える。循環経路順における内部温度の状況を見ると、表-4のようにポンプ回転が高い場合において

は、第一循環系統及び第二循環系統とも循環経路に従って内部温度が高くなっているが、ポンプ回転が低い場合においては、このような傾向を示さず、第一系統の胴前部及び第二系統の頭部では、経路が後の冷却箇所より高い内部温度を示した。また第一及び第二循環系統の各冷却部内部温度の最高と最低の温度差は 15°C 程度であり、この温度差が身体の冷却効果及び感じ方としてどのような影響を与えるか検討する必要がある。

6. おわりに

今回開発した特殊防火衣の構造及び性能等について記したが、実験期間及び実験装置の関係で、この特殊防火衣を着装した場合の屋内侵入限界温度及び人体が受ける冷却の感じ方等については把握出来なかったが、今後各種の実験を行い、より良いものに改造していくとともに、放水隊員用としてホースの水を利用した特殊防火衣についても研究する予定である。