

防火外とうの冷却装備に関する研究

Study of the Cooling Equipment for a Fire Coat

手 柴 英 喜*
 瀬 川 俊**
 桜 井 高 清***
 正 木 豊****
 谷 口 真 二****

概 要

本研究では、冷却装備付防火外とうの実用化に向けて、冷却材に吸収させた水量の違いによる冷却能力及び冷却材収納袋の生地厚の違いによる冷却温度について、消防職員を被験者として高温環境下（温度50°C、湿度55%）で実験を行うとともに、その防火外とうの着用感について消防隊員を対象に試着アンケート調査を行った。

この調査で得た主な結果については、次のとおりである。

1. 30分間の冷却力を得るためには、水量を150gとした冷却材が必要といえる。
2. 収納袋は、各人の快適感に合わせるため3種類程度（薄い、普通、厚い）あることが望まれる。
3. 冷却装備付防火外とうを着用すれば、涼しさや快適感を得られる。

Fire fighters are forced to fight in a hot and humid environment. As a means of reducing fire fighter's physiological burden on a fire scene, a fire coat equipped with cooling material was devised. To promote the practical application of the turnout coat, information was obtained through monitoring the cooling effect on human system in a hot chamber and questionnaires sent to fire fighters who had put on the novel clothing. After the analysis of the information, following findings were revealed.

1. To maintain the cooling performance of the material for more than 30 minutes, the water absorbing material would be required to contain 150g or more water.
2. To fit fire fighter's physical condition, a holder for the cooling material could be made of thick, medium and thin cloth.
3. The newly devised fire coat would bring coolness and comfortableness to fire fighters.

1. はじめに

平成3年度に行った消防隊員の身体冷却実験で、身体の冷却は、体温上昇の抑制に顕著な効果がみられた。この効果を現場で活動する消防隊員の熱傷害防止に資するため、当研究室では、防火外とうの冷却装備に関する次の実験調査を行った。

- (1) 冷却材及び冷却材収納袋の性能について
- (2) 身体冷却による冷却感等について

2. 期 間 等

(1) 期 間

平成4年10月26日より11月27日まで

〔前1(1)の実験〕

平成4年8月26日より10月20日まで

〔前1(2)の調査〕

(2) 場 所

第四研究室医学実験室〔前1(1)の実験〕

大井及び志村消防署〔前1(2)の調査〕

* 東村山消防署長 ** 第四研究室長

*** 消防部特殊災害課 **** 第四研究室

3. 冷却用資器材の構成等

冷却用資器材の構成は、冷却装備付防火外とう（以下「冷却用外とう」という。）、冷却材及び冷却材収納袋からなっている。冷却用外とうは、アルミコーティングした防火外とうをベースに、その裏地に冷却材の収納袋を装着するためのマジックテープの凹部を取付けたもので、写真1のとおりである。



写真1 冷却用外とう

冷却材は、吸水性ゲルシート（縦19cm、横13cm）に100g、150g及び200gの水をそれぞれ吸収させビニール袋に入れ冷凍したもの（以下「100g冷却材、150g冷却材、200g冷却材」という。）で写真2のとおりである。

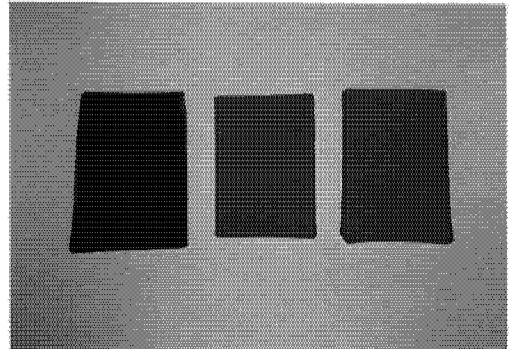


100g冷却材 150g冷却材 200g冷却材

写真2 各冷却材

冷却材収納袋は、薄手の芳香族ポリアミドで作られた収納袋A（以下「収納袋A」という。）、厚手の芳香族ポリアミドで作られた収納袋B（以下「収納袋B」という。）及び収納袋Bを二枚重ねにして作られた収納袋C（以下「収納袋C」という。）で写真3のとおりである。これらの収納袋は、縦22cm、横15cmの形状であり、一つの側面にはマジックテープの凸部が縫製されている。

実験にあたり、冷却材の入った収納袋を冷却用外とうの裏側4カ所（前方2カ所、後方2カ所）に取り付けた。



収納袋A 収納袋B 収納袋C

写真3 収納袋

4. 実験調査方法

(1) 冷却材等の性能測定実験

消防職員に防火帽、防火外とう（この場合は冷却用外とう）や長靴など普通火災出場時の服装に加え空気呼吸器を着装させ、温度50°C、湿度55%の環境の中で、時速3kmの歩行運動を30分間行わせた。歩行状況は、写真4のとおりであり、冷却用外とうには、収納袋Bに重量の異なる冷却材を入れた場合や、150g冷却材を生地厚の異なる収納袋に入れた場合について、それぞれの冷却材等の表面温度及び熱環境から脱出直後の体表面温度を測定した。冷却材と収納袋の組合せと測定回数については、表1のとおりである。

なお、被験者は消防職員2名である。また、収納袋の取付位置は図1、冷却材測定用の温度センサー取付状況は写真5、収納袋測定用温度センサー取付状況は写真6のとおりである。



写真4 歩行状況



写真5 温度センサーの取付状況 (冷却材)



写真6 温度センサーの取付状況 (収納袋)

表1 着心地感

冷却材	100g	150g			200g
収納袋	B	A	B	C	B
測定回数	2	2	2	2	2



図1 収納袋の取付位置

(2) 身体冷却による冷却感等についてのアンケート調査

大井及び志村消防署の消防隊員35人を対象に、火災及び訓練での冷却用外とう(200gの冷却材を収納袋に入れたもの)の着用感について尋ねた。このアンケートは、冷却感や重量感などの項目について5段階評価での選択回答する方式で行った。

5. 結果と考察

(1) 冷却材等の性能

収納袋Bに入れた重量別の冷却剤が示した平均温度の状況は図2のとおりである。

100g冷却材の温度変化は、開始時13.5℃、10分経過時11.8℃、20分経過時11.5℃、30分経過時19.8℃となっている。また150g冷却材では、開始時12.8℃、10分経過時10.5℃、20分経過時9.5℃、30分経過時11.8℃となっている。さらに200g冷却材では、開始時12.0℃、10分経過時

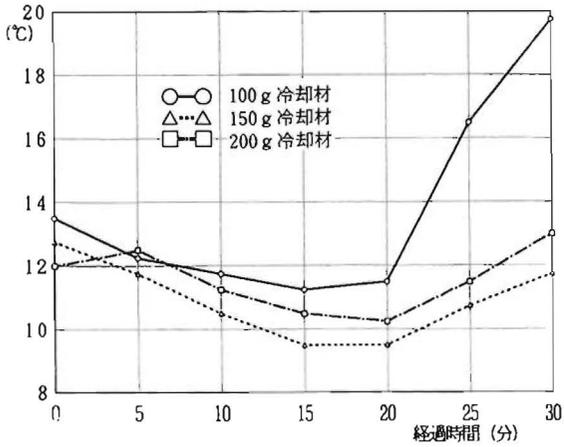
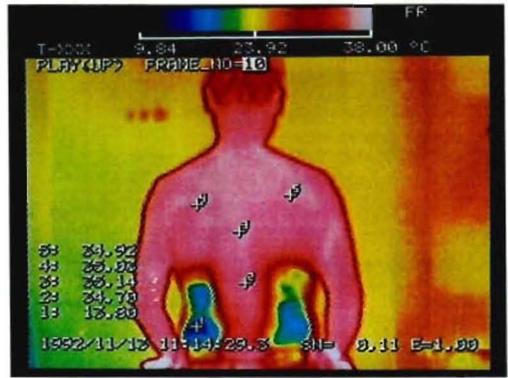


図2 重量別平均温度 (収納袋 B)

11.3°C、20分経過時10.3°C、30分経過時13.0°Cとなっている。

また、赤外線で撮影した体表面の温度状況は、写真7のとおりである。



200g冷却材使用時
写真7 体表面温度状況

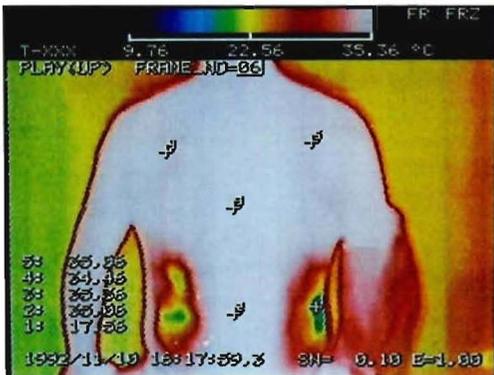
100g冷却材の使用時、30分経過後最も低い温度 (約17°C) を示す色はほんの一部で、周囲はかなり上昇していることがうかがえる。したがって、冷却効果はかなり低下しているといえる。

一方、150gと200g冷却材の使用時では、最も低い所で約12~13°Cで、その周辺も低い温度を示す色はかなり大きく残っている。

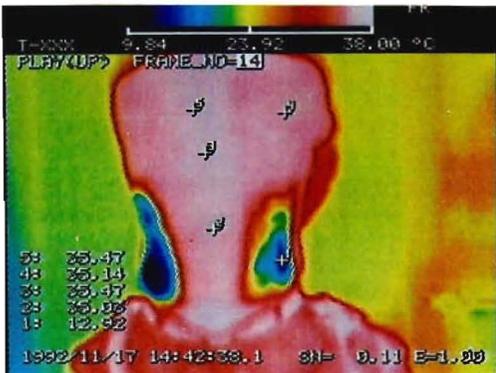
冷却材の能力について冷却材の温度や体表面の温度状況、夏場の活動時の体温上昇による放熱などを勘案すると、100g冷却材では冷却能力が不足しているといえる。

(2) 各種収納袋による冷却状況

冷却材を入れた収納袋の表面の冷却状況は、図3のとおりである。



100g冷却材使用時



150g冷却材使用時

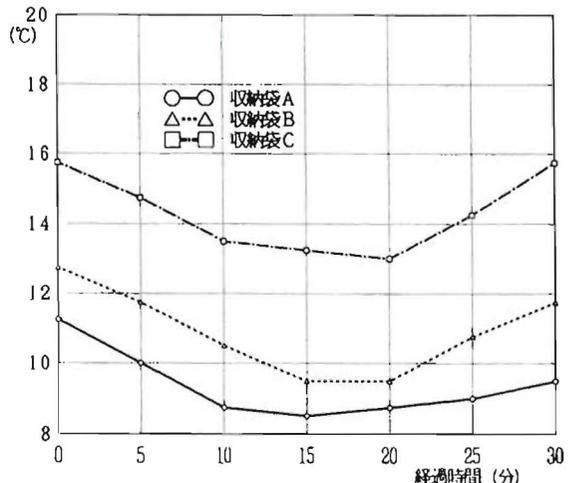


図3 各種収納袋による冷却状況

収納袋 A は、開始時11.3°C、10分経過時8.8°C、20分経過時8.8°C、30分経過時9.5°Cとなっている。

また収納袋 B は、開始時12.8°C、10分経過時10.5°C、20分経過時9.5°C、30分経過時11.8°Cとなっている。さらに収納袋 C は、開始時15.8°C、10分経過時13.5°C、20分経過時13.0°C、30分経過時15.8°Cとなっている。

このように、収納袋の生地の厚さにより、断熱性はかなり異なっており、現場で活動する隊員の快適感を少しでも増すため、厚さの異なる生地で作られた収納袋を準備することが効果的であるといえる。

(3) 身体冷却による冷却感等について

2 署の消防隊員35人を対象に冷却用外とう着用時の着心地について調査を行ったものである。実施回数、火災による例数が異なるのは、体調や当日の訓練などの違いによるためである。

ア 冷却感

表2は、冷却感についての回答である。(表中1回目、2回目とは、訓練時の着用1回目及び2回目を示している。以下同じ)

表2 冷却感

冷却度合	1回目	2回目	火災時
非常に涼しい	7 (20%)	2 (12%)	6 (55%)
涼しい	12 (34%)	7 (44%)	4 (36%)
やや涼しい	14 (40%)	7 (44%)	1 (9%)
普通	2 (6%)	0 (0%)	0 (0%)
感じない	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
回答者数	35	16	11

「涼しい」以上をみると、1回目54%、2回目56%、火災時では、91%となっている。

この数字から冷却用外とうの着用は、身体の冷却に高い効果を上げているようである。

また、訓練時に比べて火災時の方が涼しさを感じる者が多くなっているが、これは着装の時機の違いによるものと考えられる。すなわち、火災時では、体温が相当上昇してからの冷却用外とうの着用であったが、訓練時では、体温の上昇が少ない訓練開始前の着用で

あったためといえる。

イ 快適感

表3は、快適感についての回答である。

表3 快適感

快適度合	1回目	2回目	火災時
快適	3 (9%)	3 (19%)	6 (55%)
やや快適	21 (60%)	9 (56%)	3 (27%)
普通	8 (22%)	4 (25%)	1 (9%)
やや不快	3 (9%)	0 (0%)	1 (9%)
不快	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
回答者数	35	16	11

「やや快適」以上をみると、1回目69%、2回目75%、火災時は82%となっている。

冷却用外とうの着用は、快適感にも高い効果を上げている。また、訓練に比べ火災で高くなっているのは、前述の冷却感と同様、着用時機の体温の違いによる影響と考えられる。

ウ 重量感

表4は、重量感についての回答である。

表4 重量感

重量度合	1回目	2回目	火災時
非常に重い	0 (0%)	3 (19%)	0 (0%)
重い	3 (9%)	4 (25%)	0 (0%)
やや重い	15 (43%)	5 (31%)	2 (18%)
普通	12 (34%)	4 (25%)	6 (55%)
感じない	5 (14%)	0 (0%)	3 (27%)
回答者数	35	16	11

「重い」以上をみると、1回目9%、2回目44%、火災時は0%となっている。普通防火外とうに比べ、冷却用外とうは約1kg重くなっており、1kgの加重は、程度の差はあるが訓練時には50%以上の者に影響を及ぼしており、少しでも軽量化を図る必要がある。

また、訓練時と火災時との違いは、行動内容や精神的な緊張の違いが影響していると考えられる。

エ 動きにくさ感

表5は、動きにくさ感についての回答である。

「やや動きにくい」以上をみると、1回目46%、2回目31%、火災時は18%となっている。

表5 動きにくさ感

動きにくさ度合	1回目	2回目	火災時
非常に動きにくい	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
動きにくい	1 (3%)	2 (12%)	1 (9%)
やや動きにくい	15 (43%)	3 (19%)	1 (9%)
普通	14 (40%)	7 (44%)	6 (55%)
感じない	5 (14%)	4 (25%)	3 (27%)
回答者数	35	16	11

動きにくさ感は、冷却材が一枚板状で硬く、装着位置によってはピッタリしないなどの違和感によるものと考えられる。また、1回目より2回目の方が動きにくさは少なくなっており、使い慣れも影響していると考えられる。動きにくさ感の低減のためには、冷却材を四分割するなどの方法も考えられる。

オ わずらわしさ感

表6は、着用時のわずらわしさ感についての回答である。

表6 わずらわしさ感

度合	1回目	2回目	火災時
非常にわずらわしい	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
わずらわしい	6 (17%)	3 (19%)	3 (27%)
ややわずらわしい	8 (29%)	5 (31%)	2 (18%)
普通	3 (43%)	4 (25%)	2 (18%)
感じない	4 (11%)	4 (25%)	4 (37%)
回答者数	35	16	11

「ややわずらわしい」以上でみると、1回目46%、2回目50%、火災時45%となっている。

この「わずらわしさ感」は、いずれの場合でも約50%となっており、火災出場時の余裕のない時間での冷却材の着装や、収納袋への冷

却材の挿入が不慣れなことなどによるものと考えられる。

よって、冷却材の取付は、火災の初期対応時を避け、ポンベの交換時など時間が少しとれる時機に行うとか、事前に冷却材を収納袋に入れて準備しておくなどの方法もわずらわしさ感の低減に役立つといえる。

カ 疲労の軽減感

表7は、疲労の軽減感についての回答である。

表7 疲労の軽減感

軽減度合	1回目	2回目	火災時
非常に大きい	1 (3%)	1 (6%)	3 (27%)
大きい	3 (9%)	3 (19%)	2 (18%)
やや大きい	14 (40%)	4 (25%)	0 (0%)
普通	11 (31%)	7 (44%)	5 (46%)
感じない	6 (17%)	1 (6%)	1 (9%)
回答者数	35	16	11

「やや大きい」以上をみると、1回目52%、2回目50%、火災時45%となっている。

冷却用外とうの着用は、快適感のみならず疲労の軽減にも効果を上げている。

キ 着心地感

表8は、着心地感についての回答である。

表8 着心地感

冷却度合	1回目	2回目	火災時
良い	4 (11%)	3 (19%)	3 (27%)
やや良い	8 (23%)	4 (25%)	5 (46%)
普通	7 (20%)	5 (31%)	1 (9%)
やや悪い	15 (43%)	4 (25%)	1 (9%)
悪い	1 (3%)	0 (0%)	1 (9%)
回答者数	35	16	11

「やや悪い」、「悪い」をみると、1回目46%、2回目では25%、火災時18%となっている。

着心地感を悪くした理由は、「動きにくさ感」で述べたと同様の理由で冷却材が一枚の板状で硬く、柔軟性に欠け体にピッタリして

いないことが原因といえる。

よって、改善方法としては、「動きにくさ感」の場合と同様とする方策が考えられる。

6. ま と め

- (1) 冷却材の冷却時間は、高温下での消防隊員の活動時間に適合することが必要といえる。すなわち、1回の空気呼吸器の使用時間（約25～30分）以上冷却効果が保持される必要がある。
したがって、夏期の体温上昇を抑制するための放熱など悪い条件を勘案した場合、150g以上の冷却材が必要といえる。
また、冷却材の堅さによる着心地の悪さは、一枚板状の現冷却材を4分割する等の方法を講ずることによりかなり改善されることが考えられる。
- (2) 冷却温度は、収納袋の生地の高さを考えることにより温度調節が可能であり、現場での隊員の快適感に対する要望に適切に応えるためには、3種類程度（薄い、普通、厚い）の準備が必要である。
- (3) 冷却部位は、原則として胸部及び背中部とするが、心臓や腎臓の部位に当てる冷却材の収納袋は、冷却力をやや弱める厚手の収納袋を用いる方が適当である。
- (4) 冷却用外とうの着用時機については、着用時の快適感を上げるため、夏場の消防活動や高温環境により相当の発汗が見込まれるときや、体温の上昇が予想されるときが適当である。