

## 消防活動における熱中症予防対策の研究

町田 広重\*, 伊藤 昌夫\*\*, 正木 豊\*\*\*, 山田 羊一\*\*\*\*, 小原 朗敬\*\*\*\*

### 概 要

消防隊員にとって、夏期における消防活動等は、活動負担の他にさらに暑熱負担が加わるため、身体的負担はかなり増加する。このような状況の中で活動を継続すると発汗と体温の上昇により、熱中症の発生危険度が高くなることから、消防隊員の熱中症予防対策は極めて重要な課題である。

本研究は、人工的に作成した高温環境内において、火災活動時の服装で一定負荷の運動を行うことにより、熱環境が身体にあたえる影響について分析した。

この研究の主な結果は以下のとおりである。

- 1 熱中症の発生危険は、個人の年齢・体力・耐暑能力・体調等が影響する。
- 2 身体冷却（休息・水分補給を含む）時機の目安時間は、気温 20～25℃（湿度 60%）では 30～40 分、気温 25～30℃（湿度 60%）では 20～30 分、気温 30～35℃（湿度 60%）では 15～20 分である。
- 3 熱中症の具体的予防対策として、冷却ベスト着用と防火帽なし・防火衣上衣前面開放の方法は、ほぼ同等な体温上昇の抑制効果があり、警戒体温（38.5℃）の到達時間を約 5 分遅らせる。

### 1 目的

防火衣は火災防護性能および安全性に非常に優れているが、反面、身体活動による産熱が蓄積する性質を持っている。このため夏期における災害活動や訓練・演習等は、消防隊員にとって活動負担の他にさらに暑熱負担が加わるため、身体的な負担がかなり増加する。この身体的負担を軽減するため、過去において高温環境下における労働負担<sup>1)</sup>、水分補給に関する研究<sup>2)</sup>、冷却ベストの開発等の研究<sup>3)</sup>を行ってきたが、一般の隊員はもとより、特に体力水準の低い隊員、高年齢な隊員、体調が不良な隊員等にとっては熱中症の発生危険度が高くなることから、消防隊員の熱中症予防対策は極めて重要な課題である。

そこで本研究では、人工的に作成した高温環境内において防火衣を着装し、一定負荷の運動を行うことにより、熱環境が身体に与える影響について分析し、熱中症を発生させる危険のある温熱条件と、現場で実施できる具体的な予防対策について研究を行った。

### 2 熱中症と発生状況

#### (1) 熱中症とは

人間の身体は、産熱機構と放熱機構により一定範囲の正常体温に維持されている。正常体温の可変域は、体温調節機能を最大限に活用したとしても、35～40℃の 5℃

という非常に狭い範囲にある。しかし、高温度・高湿度の環境において身体活動を継続して行くと、放熱機構が十分に働くことが困難となり、異常な体温上昇、脱水症、循環機能不全等が発生し、これらを熱中症と総称している。

一般的に熱中症<sup>1) 3)</sup>は、原因と症状から表 1 の四つに分類される。

表 1 熱中症の分類

分類	症 状
熱けいれん	大量の発汗時に水だけを補給すると、血液の塩分濃度が低下し、筋肉のけいれんが発作的に起こる。
熱 疲 は い	発汗が続いた際に失われた水分や塩分が十分に回復できない場合に、疲労感、めまい、悪心、吐き気等が起こる。
熱 虚 脱	高温・高熱の暴露により、血管緊張の低下、末梢血管の拡張、血圧低下により、脳の酸素不足等が生じ、めまい、失神が起こる。
熱 射 病	体内での産熱量が発汗等による放熱量よりも多い時、体内に熱がうっ積し体温が上昇することにより、体温調節機能が失調し起こる。昏睡、意識障害、死亡にいたる場合もある。

※ 現代労働衛生ハンドブック増補改定第 2 版本編の区分に従った。

#### (2) 消防隊員の熱中症等の発生状況（当庁）

\* 千住消防署 \*\* 赤羽消防署 \*\*\* 足立消防署 \*\*\*\* 第四研究室

過去5年間の熱中症等の発生状況は、表2のとおりである。

表2 過去5年間の熱中症等の発生状況

	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年	平成11年
発生件数 (件)	2	0	1	4	5

### (3) 温熱指標 (WBGT) <sup>11)</sup>

ヒトの体温に影響を与えるのは、気温、湿度、日照、風速である。

WBGT (Wet Bulb Globe Temperature Index : 湿球黒球温度) は、米国海軍が熱中症予防のために開発した温熱指標であり、一般的に熱中症に関する研究を行う場合には、環境を表す指標として広く使用されている。今回の実験においても上記の環境条件をすべてWBGTに換算<sup>8)</sup>して分析を行った。

WBGTの計算方法は、以下のとおりである。

#### <WBGTの計算方法>

(屋外)

$$WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

(屋内)

$$WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$

## 3 実験の概要および測定項目等

### (1) 実験1

人工的な高温高湿環境下で、一定強度の運動による生理的变化を測定する。

### (2) 実験2

熱中症予防対策の効果を検証する。

※ 上記の実験1、2において、測定中は水分の補給は行わないこととした。

### (3) 測定項目と測定方法

#### ア 体温

体温の測定は、舌下温度を電子体温計(オムロン社 MC-100B)、鼓膜内温度を耳式体温計(オムロン社 MC-505)を使用し、実験の開始前、休息時、終了後に測定した。

なお、今回の実験において体温は、原則として鼓膜内温度を採用し、舌下温度で補完した。

#### イ 体表面温度

体表面温度の測定は、体表面温度センサー(神栄社 TPB-01)を使用し、胸部右上方に2個取り付け1分ごとに測定した。(写真1参照)

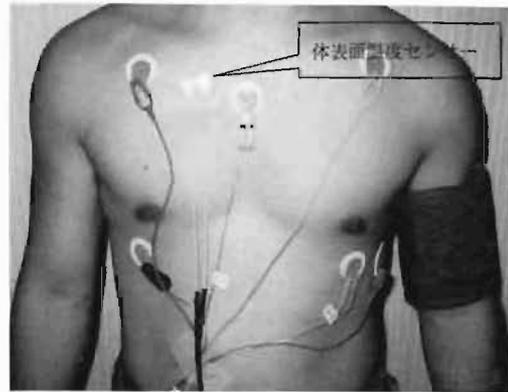


写真1 心電図・血圧等センサー取付け状況

#### ウ 防火衣内温・湿度

防火衣内温・湿度の測定は、温・湿度センサー(神栄社 THP-27)を使用し、Tシャツとインナー間(以後「防火衣内」とした)、防火衣表地とインナー間(以後「防火衣表地裏」とした)の二箇所に取り付け1分ごとに測定した。また、センサーの取り付け位置は、胸部左側の心臓付近とした。(写真2参照)

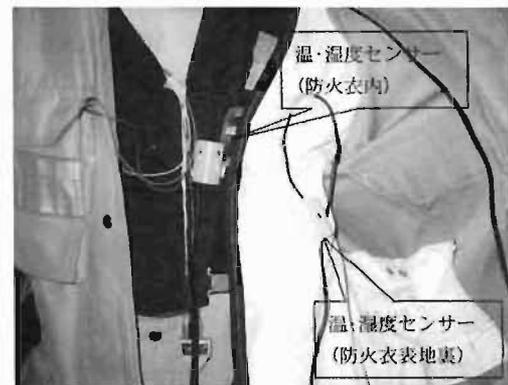


写真2 温・湿度センサー取付け状況

#### エ 血圧および心拍数

血圧および心拍数の測定は、運動負荷用血圧監視装置(日本コーリン社 STBP-780)を使用し、実験開始前、開始後は10分おき、終了時に測定した。

#### オ 心電図

心電図の測定は、心電図監視装置(NEC社 Bioview7000)を使用し、実験開始から終了まで継続して表示した。これは被験者の安全管理を目的として、過度の負荷、あるいは高温による循環機能不全等の徴候がみられた場合は、実験を中止するための目安とした。

#### カ 発汗量

発汗量の測定は、被験者の裸体重と防火衣装着時の体重を計測し、それぞれ実験前後の差から裸体重の差を発汗量、防火衣装着時の体重差を蒸発により減少した汗の量の有効発汗量とした。また、発汗量と有効発汗量の差

を無効発汗量とした。

キ 暑さの自覚的感覚の聴取

被験者の暑さに対する自覚的感覚を把握するため、自転車駆動中の10分おきに感覚の聴取を行った。

#### (4) 警戒体温の設定

文献によると、一般に体内温度は直腸温によって示され、直腸温 38~39℃がスポーツの場合、障害を起こさない限度<sup>9)</sup>といわれている。これは外界条件の如何にかかわらず運動を行う生体側の限度の指標となることから、直腸温-口腔温=0.4~0.6℃<sup>10)</sup>であるので、直腸温との差を考慮して、38.5℃を警戒体温とした。

今回の実験では、体温の上昇は熱中症の危険を伴うため、いずれの体温測定でも「警戒体温」を超えた時点から細心の注意を払い、被験者の申告による運動継続不可能時に実験を中止した。

### 4 高温環境と生理的变化(実験1)

#### (1) 目的

人工的に作成した高温環境内において防火衣を着装し、自転車エルゴメーターを用い、強度が一定の運動を行うことにより、酷暑環境における活動が身体に与える影響について測定し、熱中症を発生させる危険のある環境温度について分析を行った。

#### (2) 期間

平成11年7月から同年10月中旬まで

#### (3) 場所

第四研究室医学実験室(恒温恒湿室)

#### (4) 被験者

第四研究室員男性4名

#### (5) 実験方法

恒温恒湿室において、次の条件で行った。

##### ア 環境条件

平成9年から同11年の7、8月の最高気温の平均が30.6℃であることから、この気温に対応する湿度を考慮して、環境温度30℃、環境湿度60%を基準とした。

測定は環境別における生理的变化を比較するために、環境温度を20℃、25℃、30℃、35℃の4段階、環境湿度を60%として行った。

##### イ 服装

火災出場時の服装(現行防火衣)

##### ウ 運動負荷

運動負荷装置は、自転車エルゴメーターとし、負荷値は100Wに設定した。また、自転車駆動のペースは、60回転/分とした。

なお、この運動負荷は予備実験において、4名の被験者中最も体力が劣る被験者Bが70分で限界に達する程度のものである。

#### (6) 実験工程

実験の工程は三工程に分け、一工程の時間は20分間とした。各工程の間には5分間の休息を入れ、実験の総時

間を70分間とした。

#### <実験工程表>

開始	[第一工程] 自転車駆動		休息	[第二工程] 自転車駆動		休息	[第三工程] 自転車駆動		終了
	(前半)	(後半)		(前半)	(後半)		(前半)	(後半)	
	0	10	20	25	35	45	50	60	70
	時間経過(分)								

#### (7) 実験結果

##### ア 被験者の身体的特性

被験者の身体的特性は表3のとおりである。

表3 身体的特性

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	PWC75%HRmax(W)
A	51	174.7	63.1	18.3	174
B	52	158.1	65.7	21.4	173
C	44	172.1	62.4	19.1	178
D	31	169.3	70.5	13.8	199
平均値	44.5	168.6	65.4	18.2	181.2
標準偏差	9.68	7.31	3.67	12.36	12.4

※ PWC75%HRmax とは、心拍数が各個人の最高心拍数の75%である時の自転車駆動による仕事量である。

##### イ 体温変化

WBGT(環境温度)別の体温変化は、図1のとおりである。(以後示す被験者の図は、各項目において主な傾向を表した代表的なものである。)

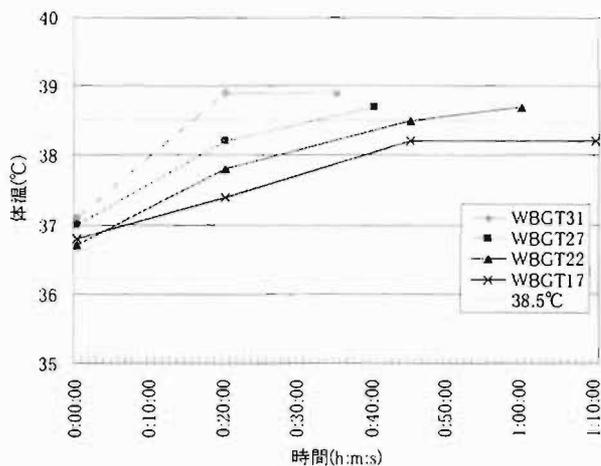


図1 WBGT別の体温変化(被験者C)

環境温度が高いほど体温の上昇速度が速く、警戒体温(38.5℃)に到達する時間がなっている。

運動継続不可能時の体温をみると、被験者の中には、WBGT22度(25℃・60%)以上で警戒体温(38.5℃)

を超えている者がいた。

WBGT17度(20℃・60%)では、すべての被験者が警戒体温(38.5℃)に到達していない。

ウ 体表面温度変化

WBGT(環境温度)別の体表面温度変化は、図2のとおりである。

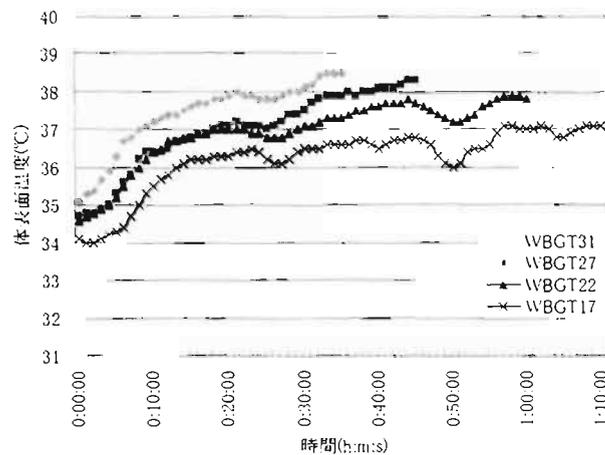


図2 WBGT別の体表面温度変化(被験者B)

環境温度が高いほど、運動終了時の体表面温度が高い温度に達している。被験者の中には、WBGT31度(35℃・60%)のときに体表面温度が39℃を超えている者もみられた。

環境温度が高いほど、体表面温度の上昇速度が速くなり、運動継続可能な時間が短くなる傾向がみられる。

休息になると同時に、体表面温度はいったん低下するが、運動を再開するとすぐに低下前の温度にもどる。また、環境温度が高いほど休息時に体表面温度は低下しにくい傾向がみられる。

エ 防火衣内温・湿度変化

WBGT(環境温度)別の防火衣内温・湿度変化は、図3、4のとおりである。

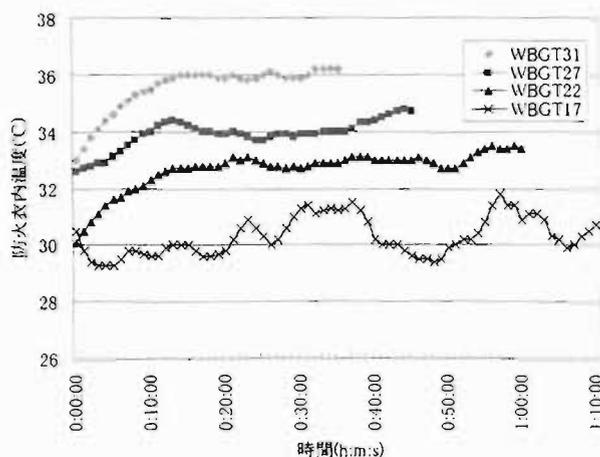


図3 WBGT別の防火衣内温度変化(被験者B)

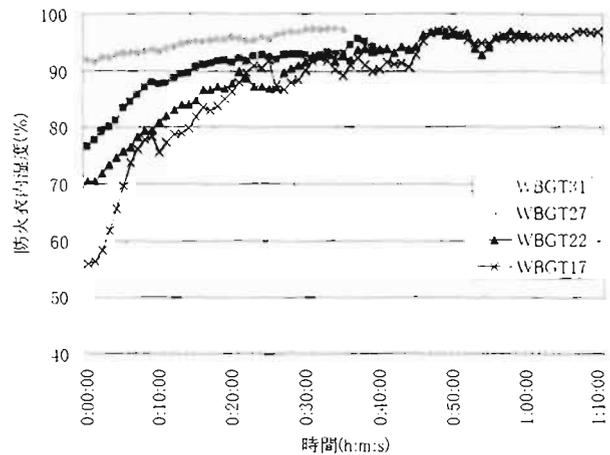


図4 WBGT別の防火衣内湿度変化(被験者C)

環境温度が高いほど防火衣内の温度は高い値を示している。

環境温度が最も低いWBGT17度(20℃・60%)においても、全被験者の防火衣内温度は低い者でも、設定温度20℃より10℃高い30℃付近を示しており、身体運動による産熱がかなり蓄熱していると考えられる。

環境温度が高いほど防火衣内の湿度は速く上昇している。これは環境温度の上昇が発汗を促し、湿度に影響を与えており、防火衣を着装しているだけでかなりの身体的負担があることを示している。

すべての被験者は、環境温度に関係なく運動終了後には防火衣内の湿度が90%以上になっており、身体運動による発汗が防火衣内に蓄積していると考えられる。

オ 心拍数変化

WBGT(環境温度)別の心拍数変化は、図5のとおりである。

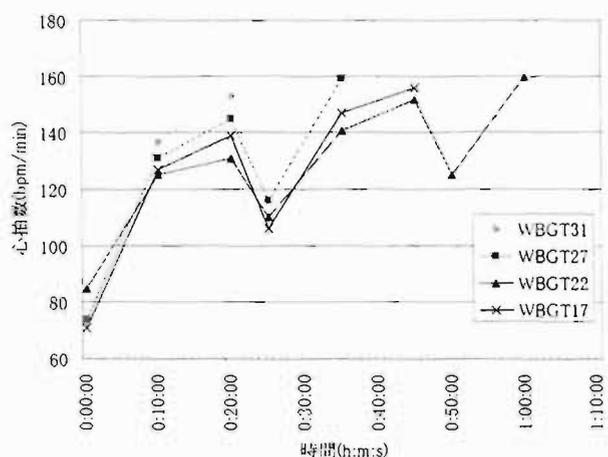


図5 WBGT別の心拍数変化(被験者A)

環境温度が高くなると、心拍数の増加速度も速くなる傾向がみられるが、被験者の体調によっては、環境温度

が低くても心拍数が高い値を示している場合がある。

運動継続不可能時の心拍数をみると、すべての被験者が心拍数 150～170 拍/分程度で運動限界を訴えており、心拍数が 150 拍/分に達したときは、隊員の体力的な限界が近づいていると判断できる。

カ 血圧変化

WBG T30 度 (35℃・50%) における血圧変化は、図 6 のとおりである。

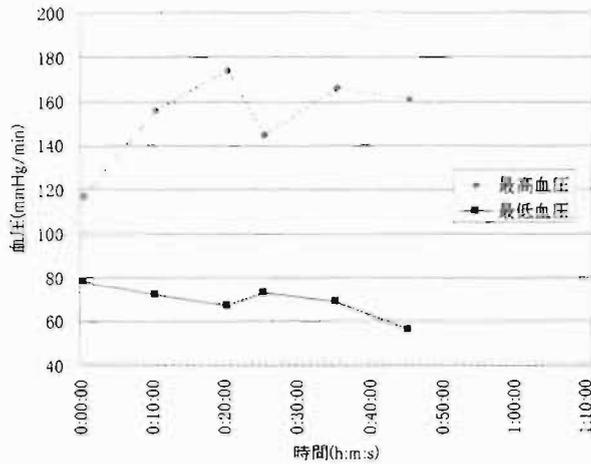


図 6 WBGT 30 度の血圧変化 (被験者 D)

一般に、運動を行うと心拍出量の増加により最高血圧が上がり、最低血圧もわずかに増加する。しかし、高温環境下で最高血圧は運動時間の経過ともない上昇しているが、最低血圧をみると運動時間の経過とともに徐々に低下している。これは皮膚への血流量の増加により、末梢抵抗が低下しているためであると考えられる。図 6 をみると最後の 10 分では運動中であるのに最高血圧が低下している。これは皮膚の血流量がさらに増加し、心臓にもどる血液量が不足し、心拍出量が低下したためと考えられる。以上のことは熱中症の初期の症状に類似しているが、全測定中でこれが唯一の事例である。

被験者 D は他の被験者と比較して体力的に優れ、日頃のスポーツにより暑熱馴化も進んでいると考えられる。しかし、当日は体調が十分ではなく、実験中の顔色は真っ赤になり、非常に苦しかったと述べている。これは体調が熱中症の発生に強く関係していることを示しており、このときの体温は 38.5℃であった。

キ 発汗量変化

WBG T (環境温度) 別の発汗量変化は、図 7 のとおりである。

なお、1 時間あたりの発汗量、有効発汗量は 1 時間あたりの数値から推測した。

環境温度別の発汗量をみると、個人により違いはあるものの、環境温度が高くなるにつれて発汗量も多くなる傾向がみられる。また、全ての環境における被験者の発汗量の平均値は、約 1200ml/時である。

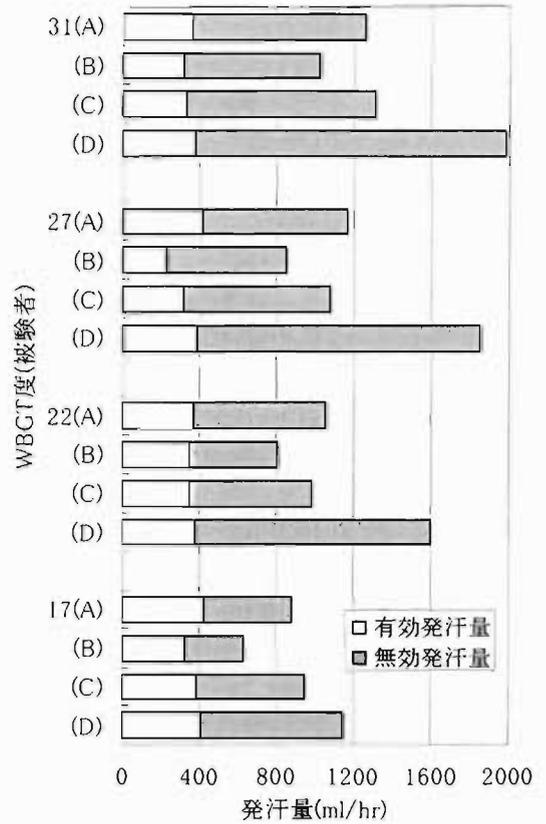


図 7 WBGT (環境温度) 別の発汗量変化

有効発汗量 (汗が蒸発した量) をみると、多少の違いはあるがすべての被験者が約 360ml/時前後の量であり、有効発汗量に個人による顕著な差はみられなかった。

これらのことから防火衣は気密性があり、無効発汗量は、環境温度が高くなるにつれて増えているが、気化熱による冷却効果が大きい蒸発した汗の量である有効発汗量は、外気の環境温度による差があまりみられなかった。

ク 暑さの自覚的感覚

表 4 の暑さ感における自覚的な感覚により、最高の暑さ感 (レベル 4) を最初に訴えた時の被験者の体温と設定環境および運動工程は、表 5 のとおりである。

表 4 暑さ感

レベル	自覚的感覚
4	最高に暑い
3	かなり暑い
2	やや暑い
1	普通

表5 暑さ限界体温と設定環境

被験者	体温(°C)	環境温度(°C)	環境湿度(%)	運動工程
A	38.5	30	60	第二工程・前半
B	38.6	25	60	第二工程・前半
C	38.5	25	60	第二工程・後半
D	38.9	35	60	第二工程・後半

これらの結果から、環境湿度60%において被験者が最高の暑さ感を訴えたときの体温には、日頃の体力トレーニングの実施状況、暑熱馴化の度合い等により個人差がみられるものの、低い被験者でも体温38.5°Cから訴えていることから、体温38.5°Cは暑さ限界体温の初期値であると考察される。また、体温の上昇は熱中症の発生危険をともなうものであり、体温38.5°Cを熱中症の発生危険に対する「警戒体温」として考えることが適切であると判断される。

このことを消防活動に置き換えると、「最高に暑い」という自覚的な感覚は、体温は警戒体温(38.5°C)付近まで上昇している警戒指標になると推測される。

(8) 考察

ア 警戒体温の再考

前3(4)で、警戒体温を38.5°Cと仮定した。一般にヒトの体温調節機能は35~40°Cの範囲で有効とされているが、これはあくまでも通常の労働環境においての話であり、酷暑環境下で断熱性の高い防火衣を着装しての災害活動では、さらに強い警戒が必要である。実際の血圧と心拍数の変化や、暑さの自覚的な感覚から38.5°Cを警戒体温とするのが適切と考察される。

ここでの警戒体温とは、このまま活動を継続すれば体温が確実に上昇し続け、危険な状態に近づいていく可能性がある体温である。

イ 身体冷却時機目安時間(休息と水分補給)

身体冷却時機目安時間の分析を進めるうえで、前表3のPWC75%HRmax<sup>(2)</sup>(全身持久力)のデータを比較してみると、被験者Dの数値は最も高く、実験1の結果からも被験者Dは他の被験者3名と比較して、一般的に生理的負担が極端に少ないことがいえる。

高温環境下での運動時の生理的負担を大きく左右するのは、各人の全身持久力(体力)の大小<sup>(1)</sup>である。すなわち、同一負荷の運動を高温下で行った場合、体力がある者ほど生理的負担が小さい。このことから被験者Dは体力的に優れており、安全側に立って身体冷却時機目安時間を分析する際に、被験者Dのデータを他3名の被験者データと一緒に分析することは適切でないと考えられ

る。そこで、身体冷却時機目安時間を分析する場合、被験者Dを除いたデータで分析することにする。

WBGT(環境温度)別に各被験者の体温上昇率の平均が警戒体温(38.5°C)に到達したときの時間を示したのが、図8-1から図8-4である。

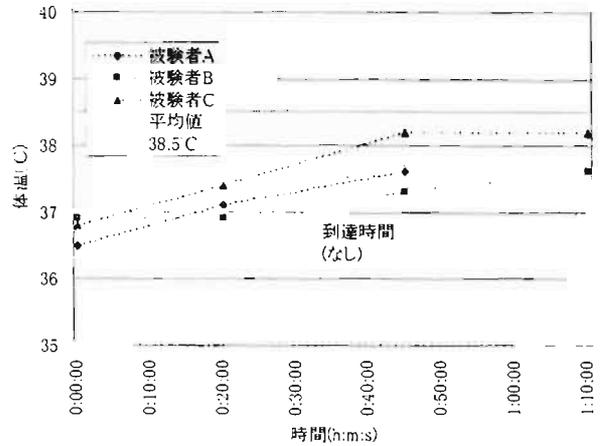


図8-1 WBGT17度における警戒体温の到達時間

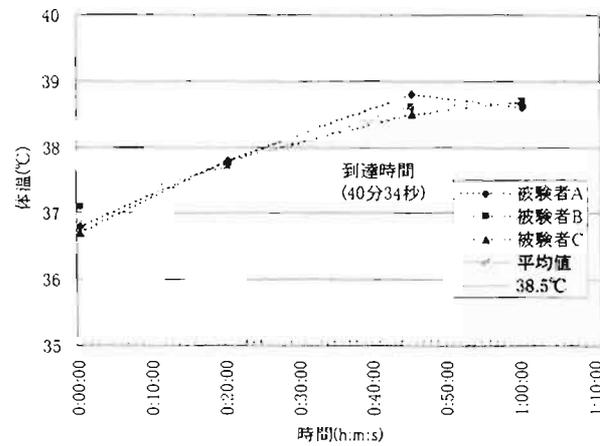


図8-2 WBGT22度における警戒体温の到達時間

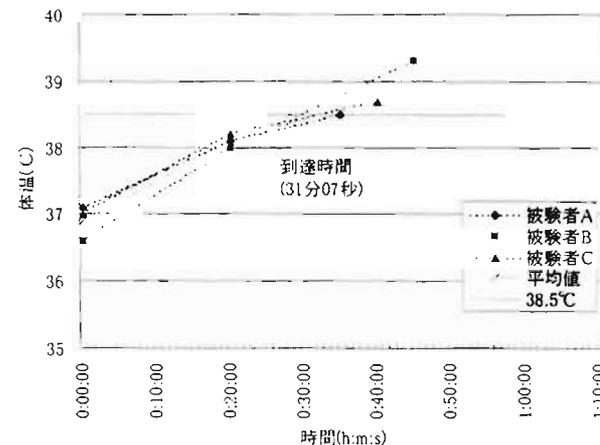


図8-3 WBGT27度における警戒体温の到達時間

以上のことから、熱中症予防対策上の各設定環境における身体冷却時機目安時間は、表6のとおりである。

表6 WBG T別の身体冷却時機目安時間

WBG T度 (設定環境)	目安時間
WBG T17 (20℃・60%)	約40分以上
WBG T22 (25℃・60%)	約40分
WBG T27 (30℃・60%)	約31分
WBG T31 (35℃・60%)	約18分

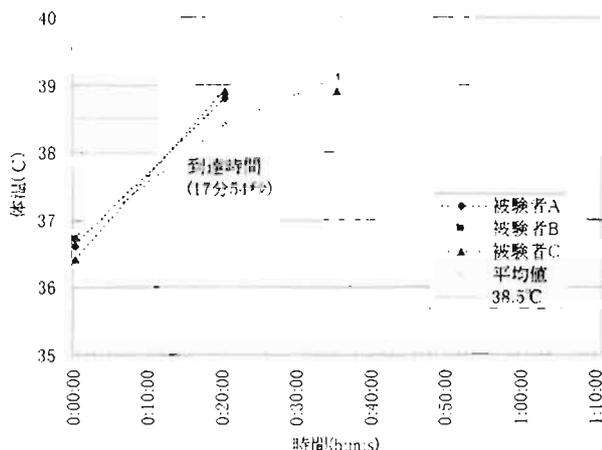


図8-4 WBG T31度における警戒体温の到達時間

それぞれの設定環境において、警戒体温（38.5℃）に達した時間をみると、WBG T17度（20℃・60%）では、警戒体温（38.5℃）に達していない。WBG T22度（25℃・60%）では、運動開始から約40分後に、WBG T27度（30℃・60%）では運動開始から約31分後に、また、WBG T31度（35℃・60%）では、運動開始から約18分後にそれぞれ警戒体温（38.5℃）に達している。

暑さ限界体温には個人差があるものの、警戒体温（38.5℃）以上に上昇すると熱中症に対する注意が必要である。このことから安全管理上、この時間をもって身体冷却時機の目安にすることが妥当であると考えられる。

WBG T（環境温度）別に、実験1における一定強度の運動を1時間継続すると、37.0℃を基準として、どの程度体温が上昇するのかを推測したのが、図9である。

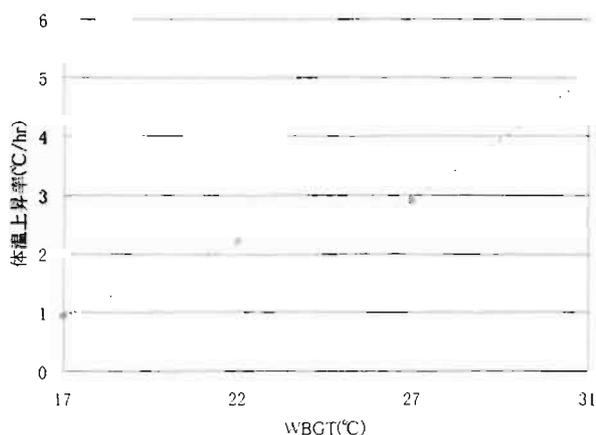


図9 WBG T別における体温上昇率

環境温度が高くなるにつれて体温の上昇率も高くなり、WBG T31度（35℃・60%）では理論上、1時間後に体温は約5℃高くなり42.0℃となることから、極めて危険であることがわかる。

## 5 熱中症予防対策（実験2）

### (1) 目的

熱中症の発生は一定強度の活動を行った場合、外界の環境温度によって大きな影響を受けることが明らかになった。そこで熱中症予防対策は、防火衣内の環境（温度・湿度）から受ける身体的負担を如何に軽減し、体温上昇と脱水症状を防ぐかということになる。具体的な方法として、冷却ベスト（冷却剤150g×4：写真3参照）を使用した身体冷却による方法と、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放の蓄熱軽減による方法が考えられる。

そこで、防火衣と執務服の比較を各環境別に行うことにより、防火衣を着装することによる身体的負担を明らかにしたうえで、身体冷却と蓄熱軽減による二つの方法が、熱中症予防対策としてどれほどの効果があるのかを確認する実験を行った。

### (2) 実験方法

#### ア 期間

平成11年10月下旬から同年11月下旬まで

#### イ 場所

第四研究室（恒温恒湿室）

#### ウ 実験内容

WBG T27度（30℃・60%）の環境において、防火衣、執務服、冷却ベスト、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放の4条件で、実験1と同じ内容の工程により実施した。（写真4・5・6参照）

被験者は2名（被験者C、D）とし、測定項目は体温と防火衣内温・湿度とした。

なお、各条件における効果の比較は、被験者Cは運動開始40分後、被験者Dは運動開始45分後の時点で行った。

### (3) 実験結果と考察

#### ア 体温変化の比較

体温変化を比較したのが、図 10 である。

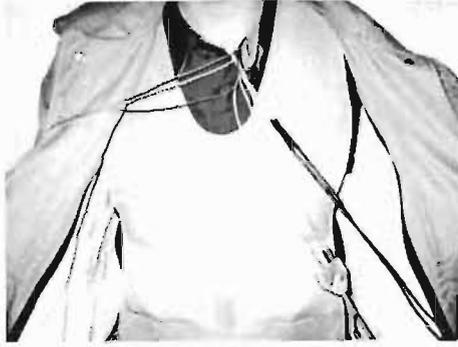


写真3 冷却ベスト装着状況



写真4 防火衣での運動負荷状況



写真5 執務服での運動負荷状況



写真6 前開・帽無での運動負荷状況

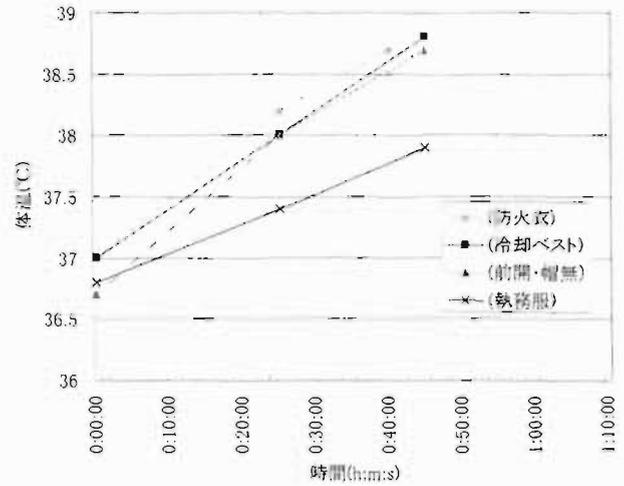


図 10 各条件における体温変化 (被験者C)

体温の差をみると、防火衣に対して執務服は 0.7～0.9℃低下しており、防火衣を着装しているだけで身体的に負担があることがわかる。また、冷却ベスト着用時には 0.1～0.3℃、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放では 0.2～0.3℃低下している。これらの冷却効果による体温低下は、身体の正常体温可変域が 5℃であることを考えると、人体にとって非常に大きな意味を持つものである。

また、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放は、冷却ベスト着用とほぼ同等の冷却効果があるといえ、これらの予防対策は、警戒体温 (38.5℃) の到達時間を約 5 分遅らせていることが図 10 からわかる。

#### イ 防火衣内温・湿度変化の比較

防火衣内温・湿度 (執務服では衣服内温・湿度) 変化は、図 11、12 である。

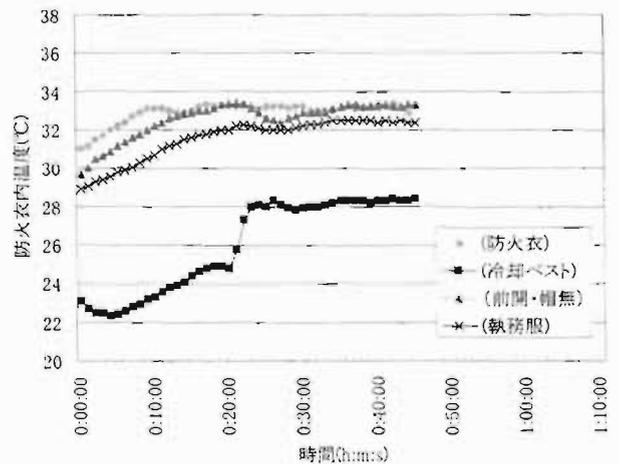


図 11 各条件における防火衣内温度変化 (被験者D)

(7) 温度

防火衣内温度は冷却ベスト使用時に 3.9~4.8℃の冷却効果が認められた。

しかし、体温変化についてみれば、冷却ベストの熱中症予防に対する効果は認められるが、体温上昇を押さえるのに万全であるとはいえないので、過信は避けなければならない。

(1) 湿度

防火衣、冷却ベスト着用、執務服、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放の順に湿度の上昇速度が緩やかになっている。

また、効果が大きかった被験者Dは防火衣と比較して、冷却ベストで3.5%、執務服で8.6%、防火帽なし・防火衣の上衣前面開放で9.6%の低下がみられた。

(ウ) 各条件における体温・防火衣内温・湿度の比較

各条件における運動終了時の体温と防火衣内温・湿度を比較したのが、表7である。

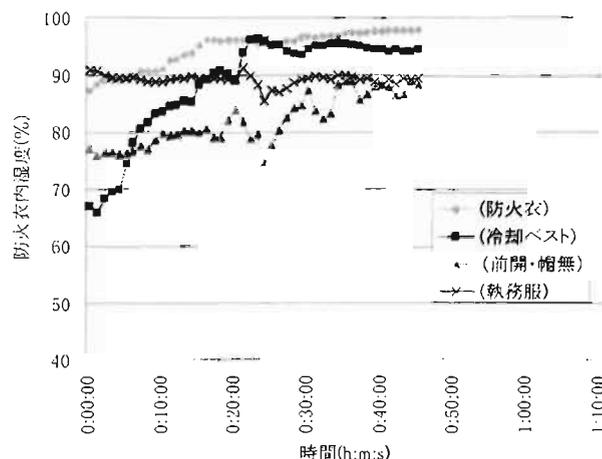


図12 各条件における防火衣内湿度変化(被験者D)

表7 各条件における体温・防火衣内温・湿度の比較

被験者	条件(服装)	体温(℃)	防火衣内温・湿度		防火衣との差		
			温度(℃)	湿度(%)	体温(℃)	防火衣内温(℃)	湿度(%)
C	防火衣	38.7	35.0	93.4			
	執務服	37.8	33.5	91.0	-0.9	-1.5	-2.4
	冷却ベスト	38.6	31.1	93.7	-0.1	-3.9	0.3
	前開・帽無	38.5	32.0	88.9	-0.2	-3.0	-4.5
D	防火衣	37.5	33.2	97.9			
	執務服	36.8	32.4	89.3	-0.7	-0.8	-8.6
	冷却ベスト	37.2	28.4	94.4	-0.3	-4.8	-3.5
	前開・帽無	37.2	33.3	88.3	-0.3	0.1	-9.6

※ 被験者Cは運動終了時40分、被験者Dは運動終了時45分の数値。

6 まとめ

(1) 酷暑環境下の消防活動と熱中症

酷暑環境下における消防活動および訓練・演習等では、防火衣が放熱を妨げるため体温が上昇し熱中症が発生する可能性がある。特に日射が強い中での活動は、警戒が必要である。今回の実験は1時間程度の活動であったが、発汗による水分の消失は2l以下で、脱水症は認められなかった。また、熱中症が発生するより前に暑さに耐えられなくなり活動を中止しており、この時点で身体冷却や水分補給等の対応をとれば熱中症を防ぐことができるものと思われる。しかし、これはあくまでも栄養や休養、トレーニングが十分で、かつ体調がよいことが条件であり、次のような場合は厳重な注意が必要である。  
 ア 火災室または濃煙熱気内への進入等、特に高温に暴露する場合。

- イ 活動が長時間におよぶ場合。
  - ウ 災害出場直前に訓練・演習または体力錬成等を実施しており、体温上昇、発汗等の身体的負担がある場合。
  - エ 日射が特に強い中での活動となる場合。
  - オ 年齢の高い隊員がいる場合。
  - カ 下痢、発熱等の体調不良な隊員がいる場合。
- (2) 身体冷却時機目安時間
- ア 耐暑能力には年齢、体力、暑熱馴化の度合い等により個人差があるが、身体冷却(休息、水分補給を含む)を行う時機は、表8を目安とする。
  - イ 暑さに耐えられない場合は無理をしない。
  - ウ 一般的な乾球温度で判断する場合、日射が強いときは、表8の危険度ランクが上がる(危険側へ)ことに留意する必要がある。

表8 熱中症予防のための身体冷却時機目安時間

危険度	WBGT	乾球温度	目安時間	予防対策
注意	17～22	20～25℃	約30～40分	適宜身体冷却 適宜水分補給 適宜休息
警戒	22～27	25～30℃	約20～30分	積極的に身体冷却 積極的に水分補給 適宜休息
嚴重警戒	27～31	30～35℃	約15～20分	積極的に身体冷却 積極的に水分補給 積極的に休息

(3) 熱中症の予防対策

熱中症の具体的予防対策として、冷却ベストの着用と防火帽なし・防火衣の上衣前面開放の方法は、ほぼ同等の冷却効果があり、警戒体温（38.5℃）への到達時間を約5分遅らせる。

ア 冷却ベストの着用

夏期に限らず冷却ベストを車両に積載し、必要時にできるだけ早く着装できるように配慮する。また、冷却剤は休息時の身体冷却にも積極的に活用する。

イ 防火帽離脱・防火衣の上衣前面開放

防火帽離脱・防火衣の上衣前面開放は蓄熱軽減の方法として、熱中症予防に非常に効果的であることが明らかになった。このことから各級指揮者は消防活動中においても、安全が確保できる場合は、積極的に防火帽を離脱させ、同時に防火衣の前面を開放させる。

7 おわりに

今回の研究は、被験者4名で実験を行い分析したものであり、必ずしも十分とはいえないが、消防活動における熱中症予防対策の具体的方法として、冷却ベストの着用および防火帽を離脱し防火衣の上衣前面を開放することによる有効性、そして身体冷却を実施する時機の目安時間を提言することができた。

各個人において大切なことは、暑熱環境に馴化し熱中症になりにくい身体をつくることであり、夏期においても冷房室内から出て屋外で積極的に訓練や体力錬成を行う必要がある。

なお、耐暑能力には年齢、体力、暑熱馴化の度合いとその日の体調等により大きな個人差があるので、提言した身体冷却時機目安時間を基準に、状況に応じた身体冷却（休息・水分補給を含む）を心掛ける安全配慮が必要

である。（消防活動時の水分補給方法については、消防科学研究所報28号<sup>2)</sup>を参照）

〔引用文献〕

- 1) 消防科学研究所：消防科学研究所報26号、「濃煙・熱気内で活動する消防隊員の労働負担について」、P110、1989年
- 2) 消防科学研究所：消防科学研究所報28号、「高温・高湿度環境下で活動する消防隊員の水分補給に関する研究結果について」、P118、1991年
- 3) 消防科学研究所：消防科学研究所報30号、「防火外とうの冷却装備に関する研究」、P135、1993年
- 4) 三浦豊彦ほか：現代労働衛生ハンドブック増補改訂第2版本編、(財)労働科学研究所出版部、P65、P649、P652、1996年
- 5) 鈴木 肇ほか：医学大辞典18版、南山堂、P1596、1998年
- 6) 関 邦博、坂本和義ほか：人間の許容限界ハンドブック、朝倉書店、P55、P384、1993年
- 7) 久野 寧：汗の話、光生館、P11、1981年
- 8) 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告：スポーツ活動時における熱中症事故防止に関する研究—第3報—、(財)日本体育協会スポーツ科学委員会、P21、1993年
- 9) 朝比奈一男、中川功哉：現代保健体育学体系7運動生理学、大修館書店、P296、1975年
- 10) 宮下充正、石井喜八：新訂運動生理学概論、大修館書店、P246、1989年
- 11) 小田清一：健康づくりのためのハンドブック、第一出版、P58、P94、P152、1987年
- 12) 宮下充正：一般人・スポーツ選手のための体力診断システム、ソニー企業、P115、1998年

# STUDY OF THE PREVENTION OF FIREFIGHTER'S HEAT STRESS IN FIREFIGHTING

Hiroshige MACHIDA<sup>\*</sup>, Masao ITO<sup>\*\*</sup>, Yutaka MASAKI<sup>\*\*\*</sup>,

Yoichi YAMADA<sup>\*\*\*\*</sup>, Akihiro OBARA<sup>\*\*\*\*</sup>

## Abstract

In summer firefighter's workload increases greatly because of heated environment. As he continues firefighting with a rise of body temperature and higher perspiration, the risk of heat stress increases. It is very important to establish heat stress prevention measures for firefighters.

For this purpose, we analyzed the effect of the heat environment on a firefighter who took a certain load of exercise wearing a fire coat in the environment with controlled high temperature (with relative humidity of 60%).

The result is as follows :

- 1 The risk of heat stress depends on age, physical strength, heat resistance, and physical condition.
- 2 Appropriate intervals of body cooling (including taking a rest and water replenishment) are:
  - 1) 30 to 40 minutes in the temperature of 20 — 25°C.
  - 2) 20 to 30 minutes in the temperature of 25 — 30°C.
  - 3) 15 to 20 minutes in the temperature of 30 — 35°C.
- 3 As for the prevention of heat stress, we practiced two methods — to wear a cooling vest and to wear a fire jacket with the front open. Both turned out to be equally effective, and the body temperature reached its warning point (38.5 °C) five minutes more slowly than otherwise.