

# 効果的な身体冷却に関する検証（第1報）

鈴木 峻\*, 持田 春人\*\*, 玄海 嗣生\*

## 概 要

消火活動やNBC災害活動で隊員を防護するための防火衣や防護衣は、火炎防護性や化学物質耐透過性に優れている一方、体温調節のための熱放散を阻害し、特に夏季においては過酷な暑熱環境下での活動となる。現在、夏季の活動においては、熱中症予防の目的で冷却剤を積極的に活用することが当庁の消防活動基準で示されている。しかし、活動が長時間に及ぶ場合、冷却剤の効果が持続せず、活動時に暑熱感が緩和されないとされている。過去の検証では冷却ベスト着用の有用性について検証されているが、融点の異なる冷却剤の効果や身体冷却に適している部位について検証されていない。

そこで、本検証では効果的な身体冷却方法を明らかにすることを目的とし、冷却ベストの冷却剤及び冷却部位を変更した際の効果を検証し、夏季における消防活動中の身体的負担の軽減及び熱中症の予防対策に資するものとした。

検証の結果、15分程度の運動には融点0℃の冷却剤が効果的であったと示唆された。また、冷却部位は上背部、両側胸部、大腿部が効果的であったと示唆された。

## 1 はじめに

消火活動やNBC災害活動では隊員を防護するため、火炎防護性の高い防火衣や化学物質耐透過性の高い防護衣を着装し活動する。一方、高い防護性能を持つ防火衣や防護衣を着装したことで体温調節のための熱放散が阻害され、特に夏季においては過酷な暑熱環境下での活動を強いられる。

2020年の夏には東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会が開催され、テロを含めたNBC災害発生時の対応も懸念されている。現在、夏季の活動においては、熱中症予防の目的で冷却剤を積極的に活用することが当庁の消防活動基準で示されている<sup>1)</sup>。

しかし、活動が長時間に及ぶ場合、冷却剤の効果が持続せず、活動時に暑熱感が緩和されないことが言われている。過去には冷却ベスト着用の有用性について検証されているが、融点の異なる冷却剤の冷却効果や持続時間については検証されていない。また、身体的負担の軽減や身体冷却に適している部位についても検証されていない。

そこで、本検証では効果的な身体冷却方法を明らかにすることを目的とし、冷却ベストの冷却剤及び冷却部位を変更した際の効果を検証し、夏季における消防活動中の身体的負担の軽減及び熱中症の予防対策に資するものとする。

## 2 検証方法

恒温恒湿室試験室で暑熱環境を再現し、防火衣を着装した被験者に対してトレッドミルで一定負荷の運動後、30分間の休息をとらせた。身体冷却条件は4種類とし、運動中及び休息中の生理的、主観的指標を評価した。各被験者には全ての身体冷却条件について、順不同で検証を実施させた。なお、本検証は東京消防庁技術改良検証倫理審査専門部会の承認を得て実施した。

### (1) 被験者

健康診断による就業区分が「W1」（通常勤務可）に属する消防技術安全所及び消防署の男性消防吏員のうち、本検証を実施するにあたり、検証の目的及び危険性について十分な説明を行い、被験者となることの同意を得られた者（7名）を被験者とした。表1に被験者の身体特性を示す。

表1 被験者の身体特性

	年齢（歳）	身長（cm）
平均	38.4	173.1
標準偏差	4.4	5.2

### (2) 実施期間

平成29年6月28日（水）から同年8月16日（水）

### (3) 場所

東京消防庁 消防技術安全所2階 運動学実験室

(4) 環境条件

恒温恒湿室（三菱重工冷熱社製）にて、試験室は室温 40℃、湿度 60%とした。これは、東京地方の最高気温の記録である 39.5℃（2004年7月20日）を参考にした<sup>2)</sup>。また、湿度は太陽近似光照射装置（反射型メタルハライドランプ）CMR360・L/BU-N・D-TYW（GS ユアサライトニング社製）が点灯可能範囲で最も高湿度環境である 60%とし、太陽近似光照射装置を用いて照射した。この装置はランプ中央から直下 1.4mで設定値となるが、本検証ではトレッドミル上の各被験者の頭部の位置で真夏日の日射量である 900 W/m<sup>2</sup>となるように、太陽近似光照射装置を部分点灯させ、調整した。前室は被験者の検証前の環境を統一にするため、室温を 25℃、湿度 60%とした。これは夏日の閾値が 25℃であり、試験室との差異を室温のみにするため、試験室と同湿度とした。なお、試験室は壁一面から給気されており、被験者が運動するトレッドミル上はほぼ無風である。

(5) 測定項目

ア 推定発汗量

推定発汗量は検証開始前と検証終了後に体組成計 innerScan DUAL（タニタ社製）で裸体重を測定し、「検証開始前の体重－（検証終了後の体重－休息時の水分摂取量）」で算出した。

イ 運動時間

運動時間はストップウォッチ S035-4000（セイコー社製）を使用し、運動開始から運動終了までを測定した。

ウ 外耳道温度

外耳道温度は高機能温度計 LT-2（グラム社製）を使用し、測定した。耳栓型センサーLT-2N-13（グラム社製）のプロブを被験者の右耳孔に挿入し、測定は検証中経時的に実施した。データはロガーのデジタル画面に表示され、その画面を恒温恒湿室試験室内で測定者が随時観察した。

エ 心拍数

心拍数は心拍数計 RS800CX（ポラール社製）を使用し、測定した。測定器 H3（ポラール社製）を装着したバンドを被験者の胸部に装着し、測定は検証中経時的に実施した。心拍数データは腕時計型受信機へ無線により伝送され、恒温恒湿室試験室内で測定者が随時観察した。

オ 暑さに関する主観的評価

暑さに関する主観的評価は Visual Analogue Scale（以下「VAS」という。）法にて、運動中は開始時、開始から5分毎、終了時に、休息中は開始時及び10分毎に測定した。VASは記録用紙に水平 100 mmの直線が予め記されており、この直線の左端を「全く感じない」、右端を「耐えられない」とし、測定時に被験者が感じた暑さの程度を直線上に印を記させるものである（図1）。直線上に記された印の位置を左端からの距離（mm）で求め、この数値（0～100）をVAS値といい、主観的評価として用いた。

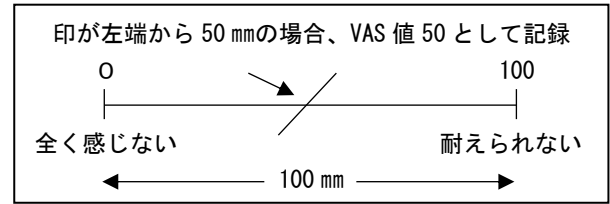


図1 VASの例

カ 認知機能の評価

認知機能の評価には、ストループ干渉、逆ストループ干渉の2つの指標を集団測定できる新ストループ検査IIを使用した。ストループ干渉とは言語的妨害（不適切な文字からの妨害）、逆ストループ干渉とは視覚的妨害（インクの色からの妨害）のことである<sup>4)</sup>。この検査は、以下の4種類の課題から構成されるマッチング方式の検査である。課題1では、黒インクで書かれた文字が意味する色をその右側の5種類（赤、青、緑、黒、黄）の色パッチの中から選び、印をつけることが求められる（逆ストループ干渉統制課題）。課題2は、色と色名が不一致な語が意味する色をその右側の5種類（課題1と同様）の色パッチの中から選び、印をつけることが求められる（逆ストループ干渉課題）。課題3は、色パッチのインクの色に対応する色名語を5種類（あか、あお、みどり、くろ、きいろ）の中から選び、印をつけることが求められる（ストループ干渉統制課題）。課題4は色と色名が不一致な語の印字しているインクの色に対応する色名語を5種類（課題3と同様）の中から選び、印をつけることが求められる（ストループ干渉課題）。各課題は練習試行10試行、本試行100試行から構成され、課題の遂行時間は練習試行では10秒、本試行では60秒である。課題例を図2に示す<sup>4)</sup>。なお、実際の検査用紙はカラー印刷されている。

課題1：左の言葉が表すインクの色を選ぶ。

くろ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
----	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------

課題2：左の言葉が表すインクの色を選ぶ。

くろ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------

課題3：左のインクの色に当たる言葉を選ぶ。

<input checked="" type="checkbox"/>	きいろ	あお	みどり	くろ	あか
-------------------------------------	-----	----	-----	----	----

課題4：左の言葉が書かれているインクの色に当たる言葉を選ぶ。

あか	みどり	くろ	あか	あお	きいろ
----	-----	----	----	----	-----

図2 新ストループ検査IIの課題例

(6) 運動条件

ア 運動負荷

トレッドミル 750T (サイベックス社製) にて、運動時間の上限を 20 分とし、速度 7.2 km/h のペース走<sup>3)</sup> を実施した (写真)。



写真 運動の様子

イ 運動中止基準

次の基準に達した場合、運動を中止させた。

- (ア) 自己申告があった場合
- (イ) 測定者が中止を判断した場合
- (ウ) 空気ボンベの残圧がなくなった場合
- (エ) 以下の3つの基準のうち2つ以上満たした場合

外耳道温度が 38.0℃ に到達した時点、V A S 値が 80 を超えた時点 (被験者には一定値と説明)、心拍数が

180bpm 前後を超えた時点

(7) 着衣条件

執務服の上から防火衣下衣、冷却ベスト、防火マスク、防火衣上衣、空気呼吸器、防火帽、ケブラー手袋の順とし、運動開始直前に着装するものとした。

(8) 冷却ベスト等

本検証で使用した冷却ベスト及び冷却剤を表 2 に示す。各冷却ベストは冷却剤を装填した状態で約 -19.5℃ の冷凍庫に保管し、着衣直前に取り出した。なお、部位冷却ベストの場合、0℃冷却ベストと冷却剤の個数を合わせるため、1個の冷却剤を2等分にし、それぞれを執務服下衣のポケットに挿入し、大腿部も冷却した。

(9) 休息条件

ア 休息时间

予備検証を行った際の体温の回復状況や冷却剤の持続時間、実災害時の休息时间等を踏まえて、運動終了直後から 30 分間とし、椅子に座位とした。

イ 冷却剤及び水分補給

運動終了後も冷却剤の交換は実施せず、運動開始から休息終了まで同じものを使用した。水分摂取量は、体格による体温への影響を考慮し、被験者の「運動前の体重 × 1%」のスポーツドリンクとした。これを3等分し、休息開始時、10分後、20分後に摂取させた。なお、飲料による清涼感等がストループ検査に影響を与えないように、休息開始時の水分補給はストループ検査後とした。

ウ 休息中の着衣条件

運動終了直後にケブラー手袋、防火帽、空気呼吸器、防火衣上衣を離脱させた。

表 2 各冷却ベストの諸元・性能

	0℃冷却ベスト	14℃冷却ベスト	28℃冷却ベスト	部位冷却ベスト
ベスト外観				
冷却剤外観				
融点	0℃	14℃	28℃	0℃
サイズ (1個)	130 mm × 200 mm 約 200g	150 mm × 180 mm 約 280g	70 mm × 130 mm 約 85g	130 mm × 200 mm 約 200g
冷却部位	胸部 2 個 背部 2 個	胸部 2 個 背部 2 個	胸部 6 個 背部 10 個	上背部 1 個 側胸部 2 個 大腿部 1 個
総重量	約 900g	約 1220g	約 1680g	約 1020g

10) 統計に基づく分析

各項目の平均値を比較するため、統計ソフト（IBM SPSS Statistics Version21）を使用した。以下、表及び図中の n. s. は有意差なし、\*\*は 1%水準、\*は 5%水準で有意を表し、†は 10%水準で有意傾向を表す。

3 結果

各項目の測定結果については、被験者 7 名のものとし、平均値とする。なお、各項目の平均値の比較にあつては、冷却剤の効果と冷却部位の効果を明確にするため、0℃冷却ベスト条件、14℃冷却ベスト条件及び 28℃冷却ベスト条件の 3 条件（以下「3 条件」という。）と 0℃冷却ベスト条件及び部位冷却ベスト条件の 2 条件（以下「2 条件」という。）に分けて、分析した。

(1) 推定発汗量

条件ごとの 1 分あたりの推定発汗量を図 3 に示す。3 条件及び 2 条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。

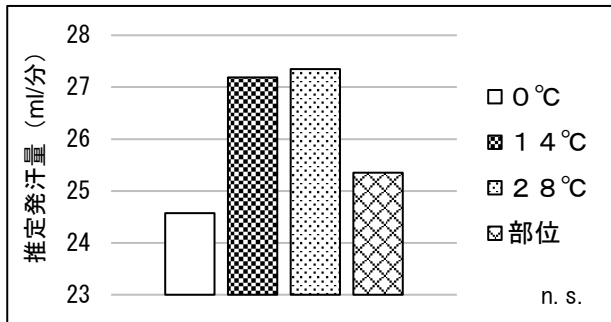


図 3 各条件の推定発汗量

(2) 運動時間

条件ごとの運動時間を図 4 に示す。3 条件及び 2 条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。

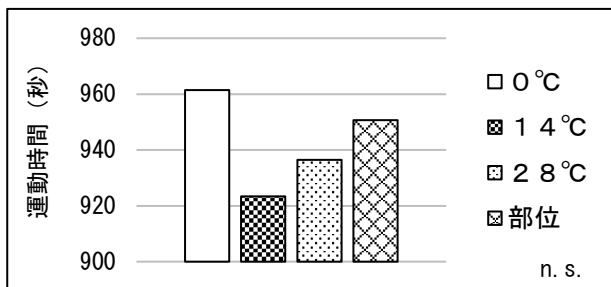


図 4 各条件の運動時間

(3) 外耳道温度

ア 運動中

運動中における条件ごとの外耳道温度を図 5 に示す。3 条件及び 2 条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、ともに運動開始 2 分後から有意に上昇していた。

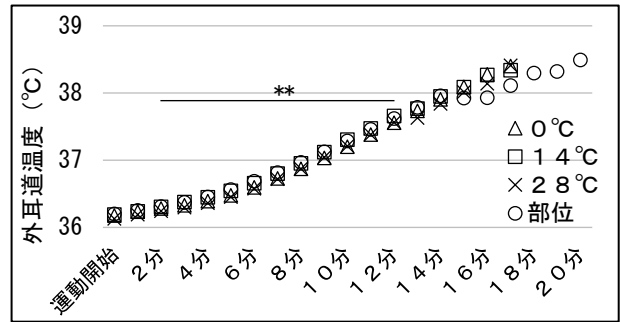


図 5 各条件の外耳道温度（運動中）

イ 休息中

休息中における条件ごとの外耳道温度を図 6、図 7 に示す。二要因分散分析の結果、3 条件の比較において有意な交互作用が認められたため、単純主効果及び多重比較の検定を行った。0℃冷却ベスト条件で休息開始 19 分後から、14℃冷却ベスト条件で休息開始 16 分後から、28℃条件で休息開始 12 分後から有意に低下した。2 条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、休息開始 11 分後を除き、10 分後から有意に低下した。

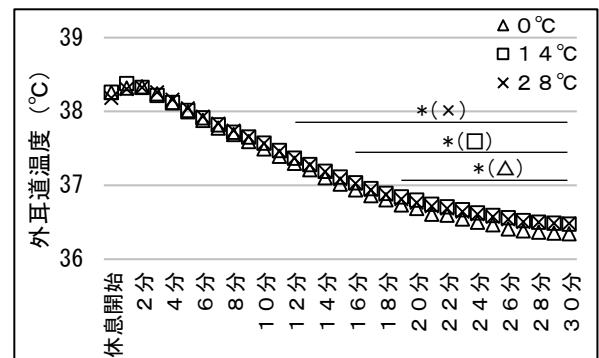


図 6 3 条件の外耳道温度（休息中）

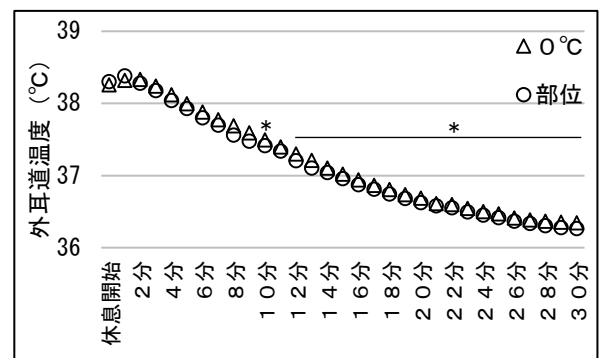


図 7 2 条件の外耳道温度（休息中）

(4) 心拍数

ア 運動中

運動中における条件ごとの心拍数を図 8 に示す。3 条件及び 2 条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動開始 1 分後から有意に上昇した。

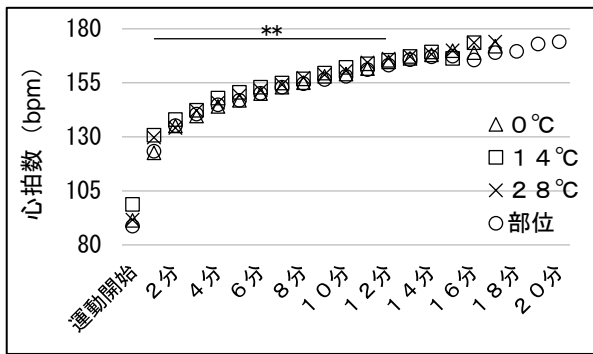


図8 各条件の心拍数（運動中）

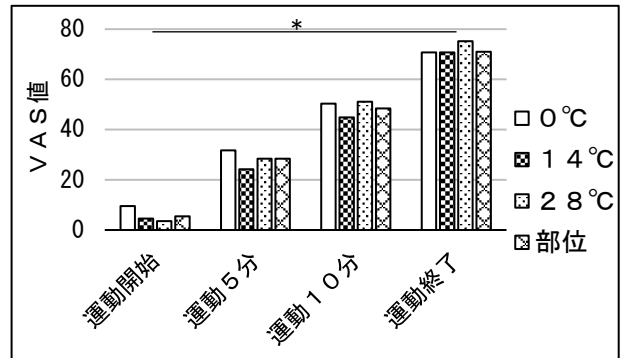


図11 運動中における各条件のVAS値

イ 休息中

休息中における条件ごとの心拍数を図9、図10に示す。3条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、休息開始3分後から有意に低下した。2条件の比較で部位冷却ベスト条件の方が0°C冷却ベスト条件より有意に低下した。また、休息開始6分後から有意に低下した。

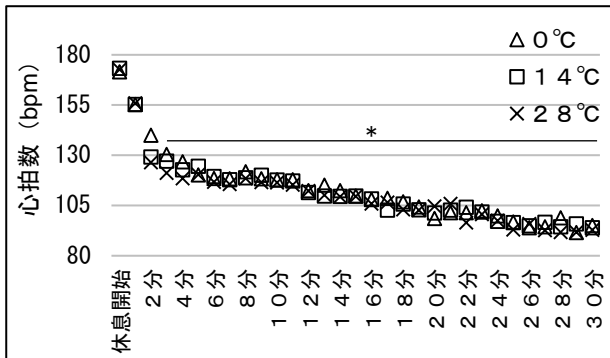


図9 3条件の心拍数（休息中）

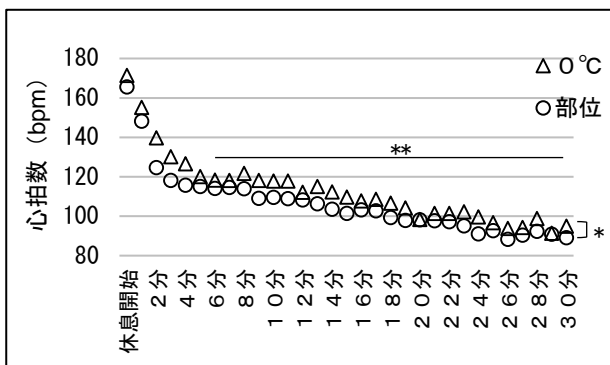


図10 2条件の心拍数（休息中）

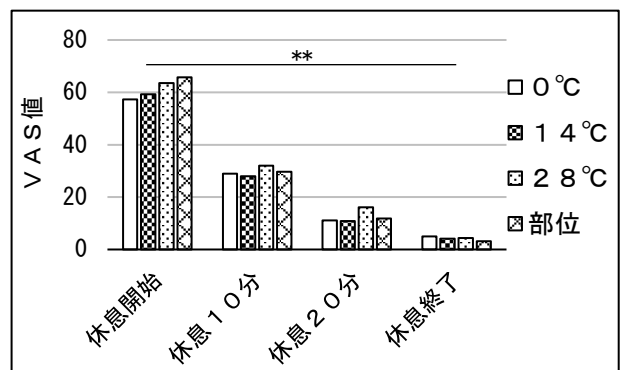


図12 休息中における各条件のVAS値

(6) 認知機能

ア 正答率

課題1～4の合計達成数と合計正答数から式(1)により正答率を算出した。

$$\text{正答率} = \text{全正答数} \div \text{全達成数} \times 100 \quad (1)$$

条件ごとの正答率を図13、図14に示す。3条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動後の方が運動前より低下する傾向であった。2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、休息後の方が運動後より上昇する傾向であった。

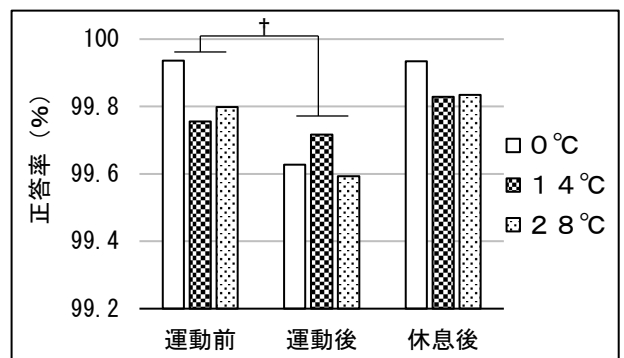


図13 3条件の正答率

(5) VAS値

運動中における条件ごとのVAS値を図11、休息中における条件ごとのVAS値を図12に示す。3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動開始から運動終了まで有意に上昇した。また、休息開始から休息終了まで有意に低下した。

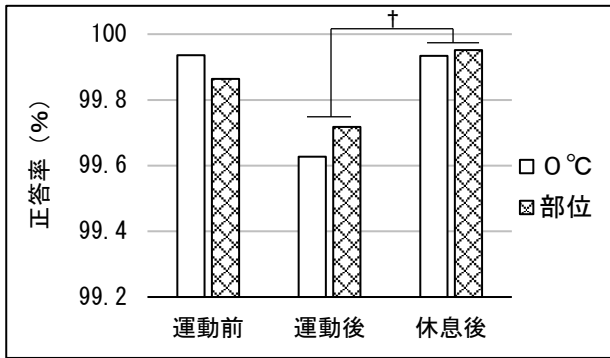


図 14 2条件の正答率

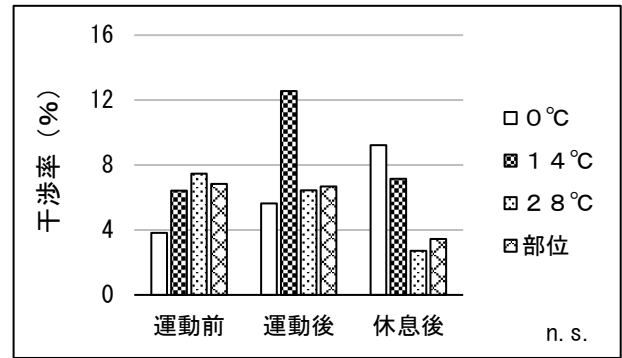


図 17 各条件のストーループ干渉率

イ 干渉率

課題別の正答数から式(2)により逆ストーループ干渉率、式(3)によりストーループ干渉率を算出した。

逆ストーループ干渉率

$$= \{(\text{課題1} - \text{課題2}) \div \text{課題1}\} \times 100 \quad (2)$$

ストーループ干渉率

$$= \{(\text{課題3} - \text{課題4}) \div \text{課題3}\} \times 100 \quad (3)$$

3条件の逆ストーループ干渉率を図15、2条件の逆ストーループ干渉率を図16、ストーループ干渉率を図17に示す。逆ストーループ干渉率において、3条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、休息後の方が運動後より有意に上昇した。2条件の比較で有意な差は認められなかった。ストーループ干渉率において、3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。

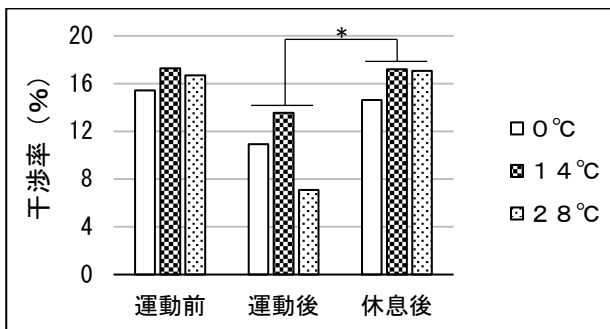


図 15 3条件の逆ストーループ干渉率

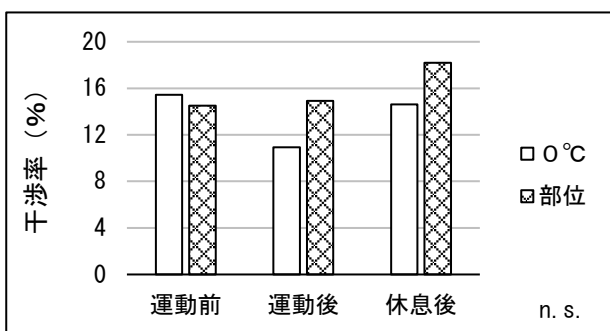


図 16 2条件の逆ストーループ干渉率

4 考察

(1) 推定発汗量

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、0°C冷却ベスト条件で最も少なくなった。冷却ベストは運動中の皮膚温を低く保つことにより、発汗開始閾値を遅延させることが示唆されている<sup>5) 6)</sup>。本検証では皮膚温及び発汗開始閾値の測定は実施していないが、0°C冷却ベスト条件で最も皮膚温の上昇を抑制し、発汗開始閾値を遅延させることによって、総発汗量を減少させ脱水を防止し、熱中症予防対策として効果があると考えられる。

(2) 運動時間

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、0°C冷却ベスト条件で運動時間はやや長かった。Gonzalez-Alonso らは運動開始前の食道温が高いほど運動継続時間が短くなることを示した<sup>7)</sup>。また、Hamilton らは運動中の体内の水分量の不足が心拍数を高めることを実証した<sup>8)</sup>。本検証では、運動開始直前に各冷却ベストを着装していることから、運動前の深部体温は同程度であったと考えられ、0°C冷却ベスト条件で推定発汗量を抑制できたことから、体内の水分量を維持し、運動中止基準の1つである心拍数の基準に到達する時間が遅延したため、運動時間が長くなったと考えられる。

(3) 外耳道温度

ア 運動中

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。冷却ベストの着用は、休息中に防火帽を離脱し防火衣上衣の前面を開放する方法と同等の体温上昇の抑制効果があり、熱中症発症リスクの高まる体温(38.5°C)への到達時間を約5分遅らせるとされている<sup>9)</sup>。本検証では運動中の外耳道温度への冷却効果はほぼ同程度であったと考えられる。

イ 休息中

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。本検証で使用した冷却剤の使用時間や冷却効果は種類によって異なるが、休息中の外耳道温度への冷却効果はほぼ同程度であったと考えられる。

(4) 心拍数

## ア 運動中

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかった。心拍数は運動強度やエネルギー消費量に比例して高まることから、運動中の心拍数を測ることによって運動強度やエネルギー消費量を知ることができる<sup>6)</sup>。本検証では条件間に有意な差が認められないことから、条件によって冷却ベストの重量や融点は異なるが、運動強度やエネルギー消費量はほぼ同程度であったと考えられる。

## イ 休息中

3条件の比較では有意な差は認められなかったが、2条件の比較で部位冷却ベスト条件の方が0℃冷却ベスト条件より有意に低下した。運動で高まった心拍数は運動終了後直ちに減少し、30～60分後にはほぼ安静値に回復する<sup>6)</sup>。また、運動間の頸部前面のアイシングは次の運動の心拍数を低下させることから<sup>10)</sup>、部位冷却ベストは頸部付近を冷却することにより、0℃冷却ベストより心拍数を早く安定値に近づけ、次の運動のエネルギー消費量を軽減させると考えられる。

## (5) VAS値

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動開始から運動終了まで有意に上昇し、休息開始から休息終了まで有意に低下した。「暑さ」は体温が平熱よりも高い時に生じる不快感で、それは体温がさらに高くなる方向で変化する場合により強くなり、「暑さ」が改善される時に「涼しさ」を感じる<sup>5)</sup>。運動開始から運動終了にかけて継続的に外耳道温度が上昇していることから、VAS値も上昇し、休息開始から休息終了にかけて継続的に外耳道温度が低下していることから、VAS値も低下したと考えられる。また、各条件の外耳道温度は同程度であったため、条件間に差が認められなかったと考えられる。

## (6) 認知機能

当庁では、年間の警防業務中の受傷事故の件数は緩やかな減少傾向にある。受傷事故の発生原因としては危険要因の過小評価、予測範囲の狭さ、疲労等による集中力の低下等が挙げられている。しかし、危険要因の過小評価や予測範囲の狭さは集中力の低下や注意力の分散が弊害となり、起こっている可能性もある。そこで、本検証では温熱的不快感や身体的負担が認知機能に与える影響を評価し、冷却剤の効果を明らかにするため、運動前後と休息後に認知機能を評価する新ストループ検査Ⅱを実施した。これは認知機能の中でも主に集中力や注意力を評価するものである。

## ア 正答率

3条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動後の方が運動前より低下する傾向であった。2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、運動後より休息後の方が向上する傾向だった。温熱的不快感の発現が注意を分散させ作業効率を低下させる<sup>5)</sup>。

また、運動後に脱水が生じ、認知機能が低下したことから<sup>11)</sup>、運動により生じた温熱的不快感や脱水が正答率を低下させたと考えられる。

## イ 干渉率

3条件及び2条件の比較で条件間に有意な差は認められなかったが、3条件の逆ストループ干渉率において、運動後より休息後の方が有意に上昇した。ここでいう干渉とは色あるいは言葉から受ける妨害のことであり、干渉率が低いほど妨害を受けにくいことを示している。運動の効果は言語的属性から色の命名が受ける干渉の低減のみに影響する<sup>11)</sup>。本検証では矛盾する結果となったが、その要因として、ストループ干渉が「色の好み」に影響を受けること<sup>12)</sup>、学業成績によってストループ干渉率や逆ストループ干渉率が変化すること<sup>11)</sup>、<sup>13)</sup>、検査前の心理状態が干渉課題に影響を与えること<sup>11)</sup>などが挙げられ、個人の性格や能力による影響が大きいと考えられる。

## 5 おわりに

0℃冷却ベスト条件で推定発汗量を抑制し、運動時間が長かったことから、本検証のような短時間の運動においては、融点0℃の冷却剤が効果的であったと示唆された。また、部位冷却ベスト条件で休息中の心拍数が有意に低下していたことから、部位にあっては現行の胸部、背部よりも上背部、両側胸部、大腿部を冷却した方が効果的であったと示唆された。

本検証の運動強度は平均心拍数が155bpm程度であり、運動時間も15分程度と短かった。このことから融点の異なる冷却剤の性能を十分に発揮できなかったと考えられ、長時間の運動ができるように運動強度を設定し、長時間使用時の冷却剤の効果を検証する必要があると考えられる。また、測定項目には血糖値と血中乳酸値も追加し、疲労度を客観的に評価する必要があると考えられる。

## 6 謝辞

本検証の実施にあたり、救急救命東京研修所の田邊晴山教授より貴重な知見を賜りました。また、世田谷消防署及び渋谷消防署には多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

## [参考文献]

- 1) 東京消防庁消防活動基準（一般火災）別紙3
- 2) 国土交通省・気象庁ホームページ  
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 3) 伊藤昌夫ほか2名：消防活動の身体的負担に関する研究、消防科学研究所報35号、pp.110-118、1998.9
- 4) 箱田裕司ほか1名：新ストループ検査Ⅱ、株式会社トーヨーフィジカル、2005
- 5) 長谷川博ほか3名：暑熱下運動中におけるクーリングジャケットの着用が体温調節反応および持久的運動能力に与える影響、体力科学Vol.51-6、pp.683、2002

- 6) 林千穂ほか 1 名：保冷具を用いた躯幹部上部冷却による農薬散布用防除衣着用時の発汗量抑制の効果、日本家政学会誌 Vol. 45 No. 12, pp. 1137-1144, 1994
- 7) 彼末一之ほか 9 名：からだと温度の事典、朝倉書店、2012
- 8) 山地啓司：こころとからだを知る心拍数、杏林書院、2013
- 9) 町田広重ほか 4 名：消防活動における熱中症予防対策の研究、消防科学研究所報 37 号、pp. 110-120, 2000. 9
- 10) 西岡大輔ほか 2 名：暑熱環境下の運動と運動の間における頭部アイシングが直腸温、心拍数、酸素摂取量および体重変化量に及ぼす影響、体力科学 Vol. 54-6, pp. 576, 2005
- 11) 松本亜紀ほか 3 名：激しい運動は注意機能に影響を及ぼすのか、スポーツ心理学研究、第 38 巻 第 2 号、pp. 99-108, 2011
- 12) 奈良雅之ほか 4 名：ストループ・逆ストループ課題における色の干渉効果に関する実験的研究、目白大学心理学研究、第 6 号、pp. 1-12, 2010
- 13) 松本亜紀ほか 2 名：マッチング反応を用いて測定したストループ・逆ストループ干渉の発達変化、心理学研究、第 83 巻 第 4 号、pp. 37-346, 2012



# Study on the Effective Cooling of the Body (First Report)

Syun SUZUKI\*, Haruto MOCHIDA\*\*, Tsuguo GENKAI\*

## Abstract

While the firefighting gear and protective clothing worn to protect personnel during firefighting and nuclear, biological and chemical (NBC) disaster activities have excellent flame protection properties and chemical permeation resistance, they inhibit heat dissipation for body temperature control, especially in harsh hot environments like those in summer. Frequent use of coolants to prevent heat stroke in summer is encouraged in the Tokyo Fire Department's operational standards. However, the lasting effect of coolants has been reported to be insufficient and does not provide adequate relief from the sensation of heat when personnel are continually active for long periods. While past studies show the usefulness of wearing cooling vests, the effects of using coolants with different melting points and applying coolants to certain parts of the body for cooling have not been studied.

Our aims in this study were to clarify effective body cooling methods, verify the effects of changing both the coolants of cooling vests and the body parts to be cooled, reduce the physical burden on personnel during firefighting in summer, and contribute to the prevention of heatstroke.

The findings of our study suggest that the coolant with a melting point of 0° C is effective for an activity of about 15 minutes, and in addition, that the body's upper back and bilateral chest as well as thighs can be effectively cooled.

---

\*Operational Safety Section   \*\*Fire Technology Section