

## 特別区消防団の新型防火服に関する検証

朝日 翔\*, 清水 祐二\*, 清水 鉄也\*

### 概 要

現行防火服（長靴がカバーにより大腿部まで覆う構造のもの、ズボンは採用されていない）と新型防火服（ISO 規格に適合し、ズボンと長靴がセパレートになっているもの）のヒートストレスによる影響や着用感を比較し、新型防火服の仕様や運用する際の注意点等を提言することを目的とした。防火服を着装した消防吏員に暑熱環境下で運動負荷を与え、生理的、主観的指標を評価した。また、消防職員と消防団員が同一の運動を行い、着用感を評価した。その結果、新型防火服は現行防火服よりもヒートストレスによる身体への影響が軽減され、着用感も良好であることが分かった。しかし、ズボンは窮屈であり、サイズ展開や仕様について検討する必要があること、仕様が大きく変更となることから着装訓練を取り入れる必要があることが分かった。

### 1 はじめに

消防団は地域住民等により構成され、消防署と連携して消火活動等の災害活動のほか、防火防災指導や応急救護指導、地域における催物の警戒等、防災力の要として地域に密着した活動を行っている。

東京都の特別区(23区)において消防団員が災害活動に出場する際の服装は、原則として防火服着装等災害活動を行うために適した服装とされている。平成29年にISO(国際標準化機構)において、「建物の消火に伴う支援活動に関わる消防士のための防護服」が示され、当庁においても同規格を特別区消防団の新型防火服へ導入することが検討されている。このことから本検証では、新型防火服に必要な諸性能をヒートストレスや着用感の観点から評価し、運用する際の注意点等を明らかにすることで消防団員の特性に適した仕様を提言することを目的として実施した。

### 2 検証方法

消防団員が実際に使用している現行の防火服と、導入が検討されている上衣とズボンがセパレート型の新型防火服について、暑熱環境でのヒートストレスや、同一の運動を行うことにより着脱性や動作性等の着用感を評価した。

#### (1) ヒートストレスに係る検証

被験者に恒温恒湿室の前室で待機させ、体温及び心拍数を安定させた。その後、防火服等を着装させ、暑熱環境を再現した試験室へ移動させ一定の運動を負荷し、運動中における経時的な生理的、主観的指標を測定した。各被験者は2種類の防火服を順不同で検証した。

#### ア 被験者

東京消防庁職員健康管理規程における就業区分が「W1」（通常勤務可）に属する消防技術安全所及び消防団課の消防吏員のうち、本検証を実施するにあたり検証の目的及び危険性を説明し、被験者となることの同意を得られた者（男性8名、女性1名）を被験者とした。被験者は年齢 $41.2 \pm 5.6$ 歳、身長 $172.1 \pm 4.1$ cm（平均値±標準偏差）であった。

#### イ 日程

令和2年11月6日（金）から同年11月24日（火）まで

#### ウ 場所

東京消防庁 消防技術安全所2階 運動学実験室

#### エ 環境条件

温度と湿度を任意に設定できる恒温恒湿室（三菱重工冷熱社製）にて、試験室は室温 $35^{\circ}\text{C}$ 、湿度60%とした。室温は、猛暑日の最高気温が $35^{\circ}\text{C}$ 以上である<sup>1)</sup>ことから $35^{\circ}\text{C}$ とした。湿度は、被験者の安全を考慮して、屋内の気温が $35^{\circ}\text{C}$ である時のWBGT値（熱中症指数）が $31^{\circ}\text{C}$ （危険であり、原則運動を中止するレベル）に達しないように60%とした<sup>2)</sup>。

前室は室温を $25^{\circ}\text{C}$ 、湿度を60%とした。これは、夏日の最高気温が $25^{\circ}\text{C}$ 以上であり<sup>1)</sup>、また、試験室との差異を室温のみに限定するため、湿度は試験室と同湿度に設定した。なお、恒温恒湿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。

#### オ 運動条件

\*活動安全課

## (7) 運動負荷

トレッドミル INTDX (LifeFitness 社製) 上で 30 分間の歩行運動を実施させた(写真 1)。スタート時は時速 4 km、1 分後以降は時速 5 km に速度を変えた。



写真 1 歩行運動の様子

## (4) 運動中止基準

- a 自己申告があった場合
- b 測定者が中止を判断した場合
- c 以下の 3 つの基準のうち 2 つ以上を満たした場合

外耳道温度が 38.0℃ に到達した時点、主観的指標（後述）のいずれかの値が 80 を超えた時点（被験者には一定値を超えた時点と説明）、心拍数が 180bpm を超えた時点

- d 外耳道温度が 39℃ を超えた場合

## カ 着衣条件

執務服の上から個人装備品（長靴、防火服、防火帽、災害現場用手袋の順）を着装した。

## キ 個人装備品

本検証で使用した個人装備品を表 1 に、個人装備品の重量を表 2 に示す。

2 種類の防火服の仕様について、主な違いは上衣の着丈及びズボンの形状と素材である。上衣の着丈について、現行防火服では 95cm のところ、新型防火服では 78cm と短くなっている（L サイズ比）。ズボンの形状と素材について、現行防火服はズボンではなく、長靴と一体になっているカバー（左右独立）により脚部のみを覆い、股部分は覆わない形状である。カバーはビニロンまたはポリエステル繊維の基布の表面に合成ゴム層コーティング加工を施している。一方、新型防火服はズボンと長靴がセパレートになっており、ズボンの素材は表生地がアラミド及びポリエステル、透湿防水層がビニロン及び再生繊維で、股部分まで覆う形状である。

表 1 個人装備品

|         | 現行                                                                                   | 新型                                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 防火帽     |   |                                                                                       |
| 防火服上衣   |    |    |
| 防火服ズボン  | なし                                                                                   |    |
| 災害現場用手袋 |   |                                                                                       |
| 長靴      |  |  |

表 2 個人装備品の重量 (kg)

|         | 現行防火服 | 新型防火服 |
|---------|-------|-------|
| 防火帽     |       | 0.96  |
| 防火服上衣   | 1.82  | 1.39  |
| 防火服ズボン  | なし    | 0.86  |
| 災害現場用手袋 |       | 0.11  |
| 長靴      | 2.07  | 1.70  |
| 総重量     | 4.96  | 5.02  |

## ク 測定項目

## (7) 完遂割合

運動の完遂割合は被験者の運動を時間管理し、全 9 名の被験者のうち 30 分間の運動を完遂した者と完遂しなかった者の人数を条件ごとに計数した。

## (4) 推定発汗量

推定発汗量は運動開始前と運動終了後に体組成計 innerScan DUAL (タニタ社製) で裸体重を測定し、式 (1) により 1 分あたりの推定発汗量を算出した。なお、運動前の水分摂取量は、飲水前後のボトルの重さの差により算出した。

推定発汗量 (ml/m) = {検証開始前の体重(kg) - (検証終了

後の体重(kg)－運動前の水分摂取量(L))}／試験室に入室してから運動終了までの時間(m)×1000 (1)

#### (7) 外耳道温度

外耳道温度は高機能温度計 LT-2 (グラム社製、写真 2) を使用し、測定した。耳栓型温度センサ LT-2N-13 (グラム社製、写真 3) のプロー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。データは高機能温度計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。

#### (8) 平均皮膚温度

皮膚温度は高機能温度計 LT-2 を使用して測定し、Roberts らの 3 点法<sup>3)</sup> にて、式 (2) により平均皮膚温度を算出した。皮膚温センサ LT-2N-12 (グラム社製、写真 4) のプローブを胸部、上腕外側、大腿前面にそれぞれサージカルテープ 1530-0 (3M 社製) で貼り付け、体表用断熱カバー P252 (日本光電工業社製、写真 5) で覆い、さらに汎用医療補助用テープ No. 75 (ニチバン社製) で覆った。測定は検証中経時的に実施した。

平均皮膚温度 (°C) =  $0.43 \times \text{皮膚温度 (胸)} + 0.25 \times \text{皮膚温度 (上腕)} + 0.32 \times \text{皮膚温度 (大腿)}$  (2)

#### (9) 心拍数

心拍数は心拍数計 RS800CX (ポラール社製、写真 6 右)、測定器 WearLink w. i. n. d (ポラール社製、写真 6 左) を使用し、測定した。測定器を被験者の胸部にバンドで装着し、測定は検証中経時的に実施した。心拍数データは心拍数計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。

#### (10) 防火服内の温度及び湿度

防火服内の温度及び湿度は温湿度ロガーハイグロクロン (KN ラボラトリーズ社製、写真 7 左) を使用し、プラスチックケースに入れ (写真 7 右)、安全ピンで防火服の内衣生地固定し測定した。測定箇所は防火服内の胸部、背部、大腿部に設定し、運動中経時的に測定を実施した。

#### (11) 主観的指標

主観的指標は Visual Analogue Scale 法 (以下「VAS」という。) にて、熱的感觉、不快感及び運動強度について、運動開始から 5 分毎に測定した。VAS は記録用紙に水平 100mm 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」とした場合、測定時に被験者が感じた各項目の程度を直線上に印で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) を主観的指標の値とした。



写真 2 高機能温度計



写真 3 耳栓型温度センサ



写真 4 皮膚温センサ



写真 5 体表用断熱カバー



写真 6 心拍数計



写真 7 温湿度ロガー

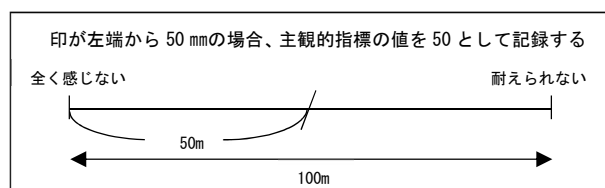


図 1 VAS の例

#### (12) 質問紙調査

運動実施後に、被験者に質問紙を手渡し、現行防火服及び新型防火服の着用感に対するコメントを自由に記述させた。

#### (2) 着用感に関する検証

現行防火服または新型防火服を着装した被験者に対し、ラジオ体操等を実施させ、着用感について質問紙調査を実施し評価した。各被験者は 2 種類の防火服について、順不同で検証を実施した。

#### ア 被験者

消防技術安全所及び消防団課の職員並びに特別区消防団員の内、検証協力に同意が得られた者 39 名を被験者とした。被験者の内訳を表 3 に示す。

表3 被験者の内訳 (名)

| 年齢  | 消防職員 |    | 消防団員 |    |
|-----|------|----|------|----|
|     | 男性   | 女性 | 男性   | 女性 |
| 20代 | 1    | 1  | —    | —  |
| 30代 | 10   | —  | —    | 1  |
| 40代 | 11   | 2  | —    | —  |
| 50代 | 4    | 1  | 3    | —  |
| 60代 | —    | —  | 3    | —  |
| 70代 | —    | —  | 1    | 1  |
| 計   | 26   | 4  | 7    | 2  |

## イ 日程

令和2年11月9日(月)から同年12月2日(水)まで  
ウ 場所

東京消防庁 消防技術安全所2階 運動学実験室(消防職員)

新宿消防署 体育訓練室(消防団員)

## エ 運動条件

## ア 運動内容

ラジオ体操第1及び膝の屈伸動作、伸脚動作並びに股割肩入れ動作を実施させた(写真8)。



写真8 ラジオ体操の様子

## イ 運動中止基準

- a 自己申告があった場合
- b 測定者が中止を判断した場合

## オ 着衣条件及び個人装備品

前(1)、カ及びキと同じとした。

## カ 質問紙調査

運動の実施後に、被験者に質問紙を手渡し、新型防火服の着脱性、動作性、暑熱感、呼吸のしやすさ及び重量感の5項目について調査した。それぞれの項目について、新型防火服が現行防火服と比較し良いかどうかを「あてはまる」、「ややあてはまる」、「どちらともいえない」、「あまりあてはまらない」、「あてはまらない」の5段階で評価させた。また、各項目及びその他に対するコメントを自由に記述させた。

## (3) 分析方法

統計検定法等の分析方法を表4に示す。統計ソフトは

IBM SPSS Statistics Version21を使用し、自由記述はKH Coder (2.00f)を使用した。なお、有意確率5%を統計学的に有意とした。

表4 分析方法

| 項目           | 分析方法                 |
|--------------|----------------------|
| 完遂割合         | McNemar 検定           |
| 推定発汗量        | t 検定                 |
| 心拍数          | (対応あり)               |
| 外耳道温度        |                      |
| 平均皮膚温度       | 二要因分散分析              |
| 防火服内の温度及び湿度  | (対応あり・あり)            |
| 主観的指標        | 多重比較は Bonferroni 法   |
| 質問紙調査 (自由記述) | 計量テキスト分析 (テキストマイニング) |

## (4) 倫理的配慮について

全ての被験者に対して検証の目的、方法を説明するとともに、検証への参加の意思を書面にて得た。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のもと、安全面に十分に配慮し実施した。

## 3 結果

## (1) ヒートストレスに係る検証

測定結果に示す数値は被験者9名のものとし、特に断りのない限り平均値±標準偏差とした。以下、図表中の n. s. は有意差なし、\*\*は有意確率1%水準、\*は有意確率5%水準で有意であることを表す。

## ア 完遂割合

運動の完遂割合は、全被験者数における運動を完遂した人数と完遂しなかった人数の割合を比較し、その結果を表5に示す。現行防火服では全ての被験者が運動を完遂した。新型防火服では、運動を完遂した者は8名(88.9%)、完遂しなかった者は1名(11.1%)であり、両者の有意な差は認められなかった。なお、運動を完遂しなかった1名は外耳道温度が38℃及び主観的指標が一定値に達したため、運動を中止した。

表5 運動の完遂割合

| 項目    | 完遂した          | 完遂しなかった       | 検定結果  |
|-------|---------------|---------------|-------|
| 現行防火服 | 9名<br>(100%)  | 0名<br>(0%)    | n. s. |
| 新型防火服 | 8名<br>(88.9%) | 1名<br>(11.1%) | n. s. |

## イ 推定発汗量

被験者によって運動時間が異なるため、1分あたりの推定発汗量を算出し、図2に示す。推定発汗量について、現

行防火服と新型防火服に有意な差は認められなかった。

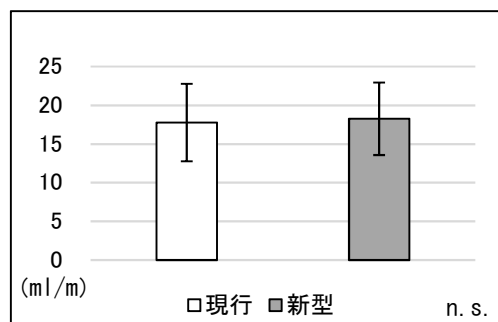


図2 1分あたりの推定発汗量

### ウ 心拍数

運動中における心拍数の平均値を図3に示す。心拍数について、現行防火服と新型防火服に有意な差は認められなかった。

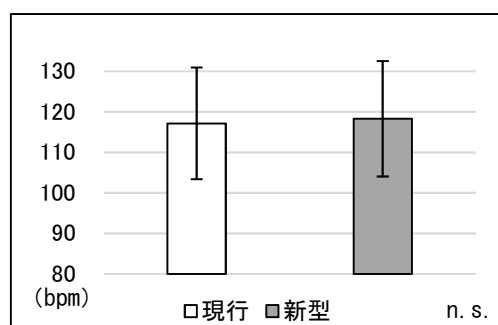


図3 心拍数

### エ 外耳道温度

運動開始時を基準とし、経時的な外耳道温度と上昇値を図4及び図5に示す。外耳道温度及び外耳道温度（上昇値）について、現行防火服と新型防火服に有意な差が認められた。外耳道温度は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、運動開始時（現行  $36.31 \pm 0.34^{\circ}\text{C}$ 、新型  $36.48 \pm 0.27^{\circ}\text{C}$ ）、5分後（現行  $36.45 \pm 0.36^{\circ}\text{C}$ 、新型  $36.63 \pm 0.29^{\circ}\text{C}$ ）、10分後（現行  $36.68 \pm 0.38^{\circ}\text{C}$ 、新型  $36.87 \pm 0.31^{\circ}\text{C}$ ）、15分後（現行  $36.95 \pm 0.41^{\circ}\text{C}$ 、新型  $37.12 \pm 0.32^{\circ}\text{C}$ ）において現行防火服の方が低いことが分かった。外耳道温度（上昇値）は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、運動終了時（現行  $1.6 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$ 、新型  $1.39 \pm 0.23^{\circ}\text{C}$ ）において、新型防火服の方が低いことが分かった。

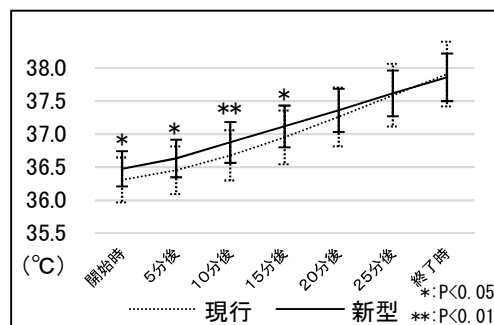


図4 外耳道温度

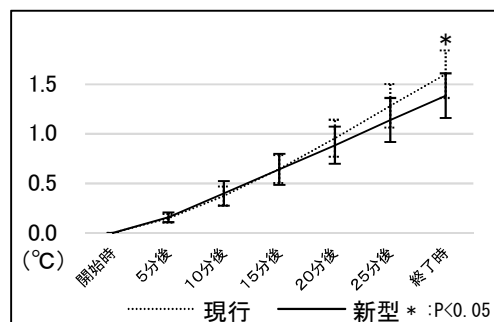


図5 外耳道温度（上昇値）

### オ 平均皮膚温度

運動開始時を基準とし、経時的な平均皮膚温度と上昇値を図6及び図7に示す。平均皮膚温度及び平均皮膚温度（上昇値）について、現行防火服と新型防火服に有意な差が認められた。平均皮膚温度は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、運動終了時（現行  $37.86 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、新型  $37.6 \pm 0.29^{\circ}\text{C}$ ）において新型防火服の方が低いことが分かった。平均皮膚温度（上昇値）は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、10分後（現行  $1.75 \pm 0.38^{\circ}\text{C}$ 、新型  $1.6 \pm 0.33^{\circ}\text{C}$ ）、15分後（現行  $2.25 \pm 0.45^{\circ}\text{C}$ 、新型  $1.97 \pm 0.39^{\circ}\text{C}$ ）、20分後（現行  $2.6 \pm 0.49^{\circ}\text{C}$ 、新型  $2.24 \pm 0.42^{\circ}\text{C}$ ）、25分後（現行  $2.91 \pm 0.52^{\circ}\text{C}$ 、新型  $2.47 \pm 0.45^{\circ}\text{C}$ ）、運動終了時（現行  $3.19 \pm 0.54^{\circ}\text{C}$ 、新型  $2.68 \pm 0.47^{\circ}\text{C}$ ）において、新型防火服の方が低いことが分かった。

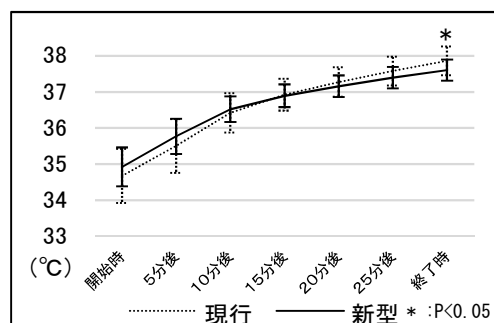


図6 平均皮膚温度

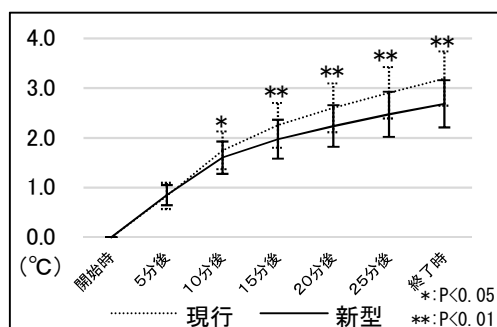


図7 平均皮膚温度 (上昇値)

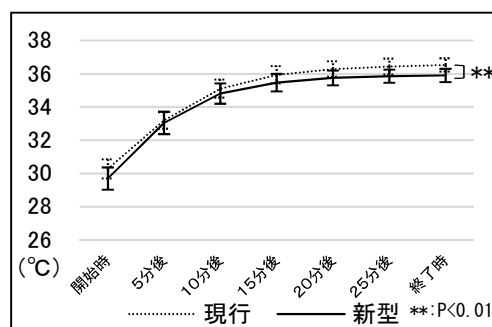


図9 防火服内温度 (背部)

#### カ 防火服内温度及び湿度

運動開始時を基準とし、各部位の経時的な防火服内温度及び湿度を図8から図13に示す。防火服内温度については、全ての部位において、現行防火服と新型防火服に有意な差が認められた。胸部は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、運動終了時（現行  $36.6 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、新型  $36.2 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ）において、新型防火服の方が低いことが分かった。背部は、新型防火服の方が低いことが分かった。大腿部は、交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行った。その結果、5分後（現行  $33.1 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、新型  $34 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ）において現行防火服の方が、また15分後（現行  $35.8 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、新型  $35.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ ）、20分後（現行  $36.3 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、新型  $35.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ）、25分後（現行  $36.6 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、新型  $35.6 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ）、運動終了時（現行  $36.9 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、新型  $35.7 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ）において、新型防火服の方が低いことが分かった。防火服内湿度については、背部及び大腿部において、現行防火服と新型防火服に有意な差が認められ、新型防火服の方が低いことが分かった。

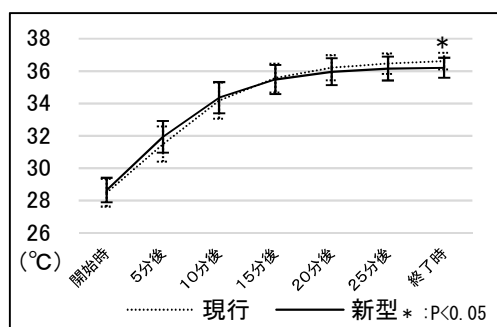


図8 防火服内温度 (胸部)

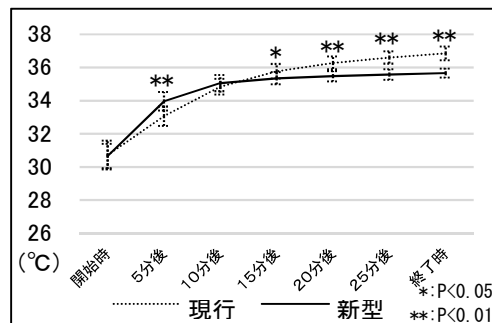


図10 防火服内温度 (大腿部)

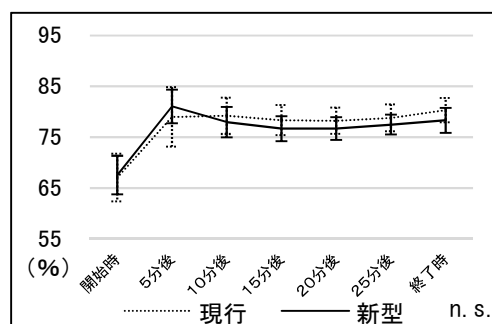


図11 防火服内湿度 (胸部)

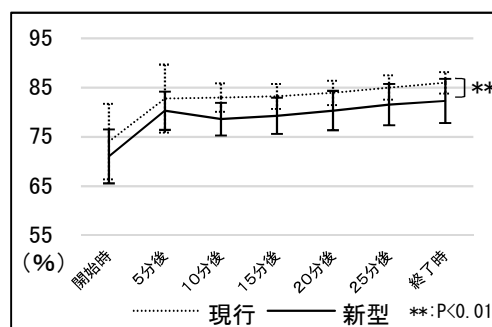


図12 防火服内湿度 (背部)

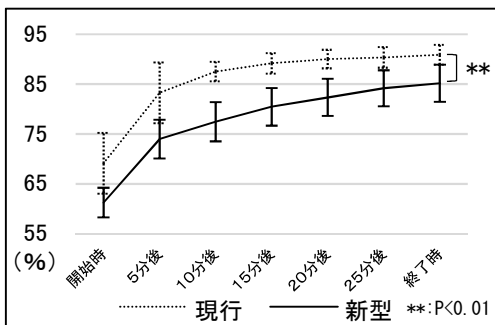


図 13 防火服内湿度 (大腿部)

キ 主觀的指標

熱的感覚に関する主観的指標を図 14、不快感に関する主観的指標を図 15、運動強度に関する主観的指標を図 16 に示す。

いずれも現行防火服と新型防火服に有意な差は認められなかった。

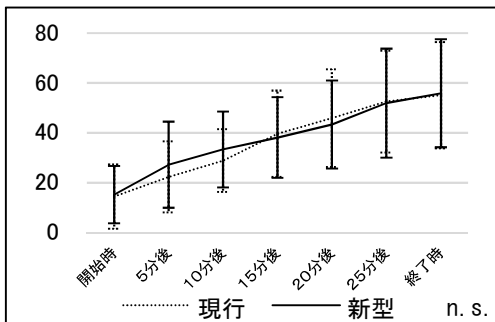


圖 14 熱的感覺

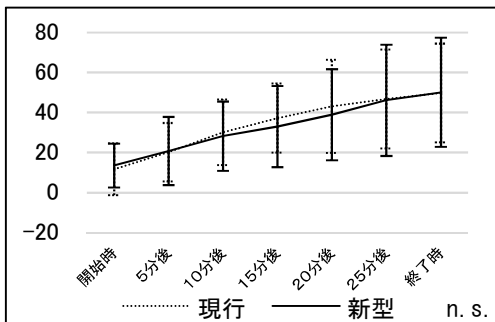


図 15 不快感

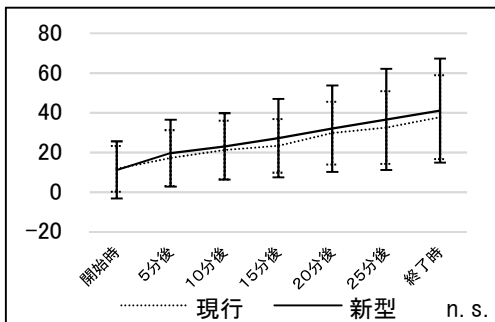


図 16 運動強度

## ク 質問紙調査

運動中における現行防火服及び新型防火服の着用感に対する自由記述は、種類別に計量テキスト分析で頻出した語を抽出し、その語同士のつながりを共起ネットワーク図（図 17、図 18）で示す。共起ネットワークとは、多く出現した単語ほど大きな円で描写され、語のつながりを線で表し、つながりの強さを線の太さで表している。なお、特徴的な語を認識しやすくするため、共起ネットワーク図上に円を追記した。

現行防火服については、長靴が歩きづらく足が痛くなった、上衣に熱がこもる感じがしたという意見が挙げられていた。

新型防火服については、長靴が疲れにくく、靴底のクッション性は必要であること、また下半身や首回りに暑さを感じたという意見が挙げられていた。

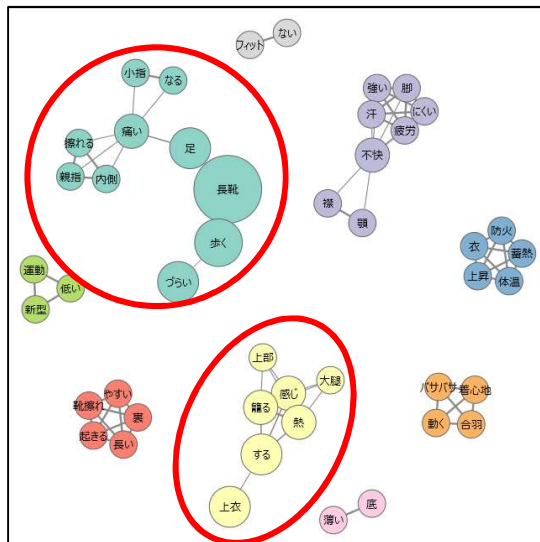


図 17 共起ネットワーク図（運動中／現行）

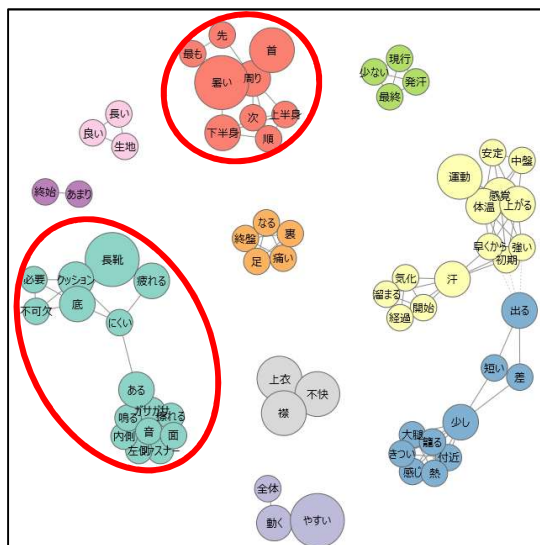


図 18 共起ネットワーク図（運動中／新型）

## (2) 着用感に係る検証

新型防火服の着用感に関する評価 (5 段階) を項目毎に単純集計した。また、各項目及びその他の自由記述は計量テキスト分析で頻出した語を抽出し、その語同士のつながりを共起ネットワーク図で示す。

### ア 着脱性

「現行のものと比べて、着脱しやすい」という項目に対し、「ややあてはまる」が 3 割程度 (33.3%、n=13) で最も多く、次いで「あてはまる」、「あまりあてはまらない」及び「どちらともいえない」がそれぞれ 2 割程度 (あてはまる : 25.6%、n=10、あまりあてはまらない : 17.9%、n=7、どちらともいえない : 15.4%、n=6) であった。残りの「あてはまらない」は 1 割程度 (7.7%、n=3) であった (図 19)。また、自由記述の共起ネットワーク図を図 20 に示す。現行と比較し、全体的には着脱しやすいこと、上衣には差がないこと、ズボンはベルトに吊りフックを引っかける手間がないことが意見として挙げられていた。一方、ズボンと長靴が分かれたことにより操作するパーツが増え、手間が増えたという意見も挙げられていた。

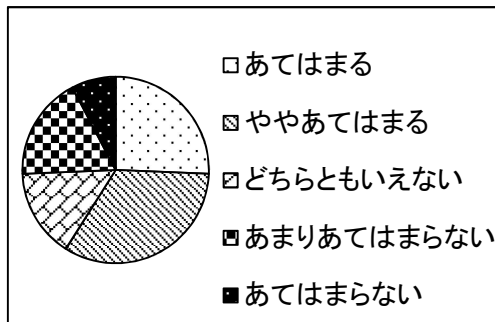


図 19 質問紙調査結果 (着脱性)

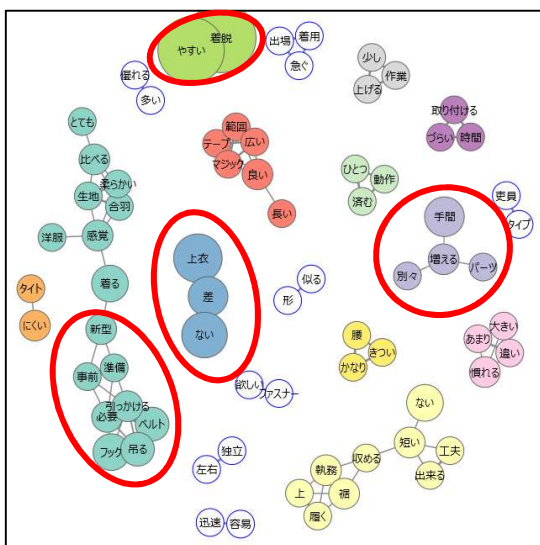


図 20 共起ネットワーク図 (着脱性)

### イ 動作性

「現行のものと比べて、からだが動かしやすい」という項目に対し、「あてはまる」が 3 割程度 (30.8%、n=12) で最も多く、次いで「ややあてはまる」、「どちらともいえない」及び「あまりあてはまらない」がそれぞれ 2 割程度 (ややあてはまる : 23.1%、n=9、どちらともいえない : 20.5%、n=8、あまりあてはまらない : 15.4%、n=6) であった。残りの「あてはまらない」は 1 割程度 (10.3%、n=4) であった (図 21)。また、自由記述の共起ネットワーク図を図 22 に示す。現行と比較し、ズボンが窮屈で動きづらかったという意見が挙げられていた。

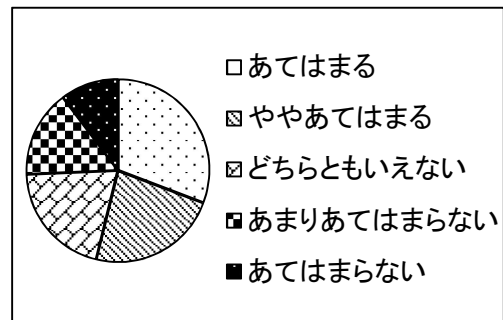


図 21 質問紙調査結果 (動作性)

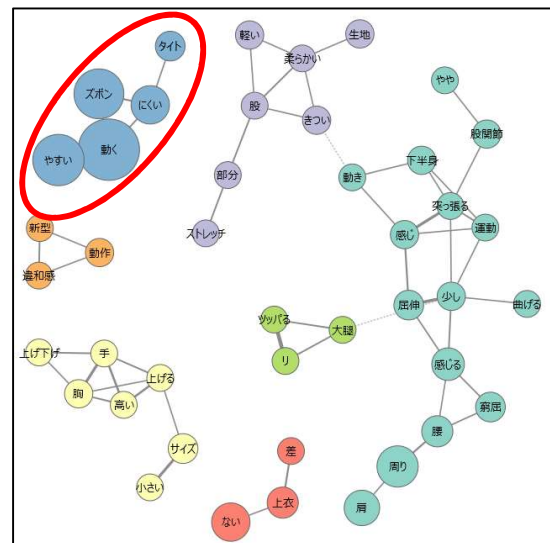


図 22 共起ネットワーク図 (動作性)

### ウ 暑熱感

「現行のものと比べて、暑さがやわらいだ」という項目に対し、「どちらともいえない」が 3 割程度 (30.8%、n=12) で最も多く、次いで「あてはまる」、「あまりあてはまらない」及び「ややあてはまる」がそれぞれ 2 割程度 (あてはまる : 23.1%、n=9、あまりあてはまらない : 20.5%、n=8、ややあてはまる : 17.9%、n=7) であった。残りの「あてはまらない」は 1 割程度 (7.7%、n=3) であった (図 23)。また、自由記述の共起ネット

ワーク図を図 24 に示す。現行と比較し、全体的には暑さに差はないが、股部分の涼しさは損なわれているという意見が挙げられていた。

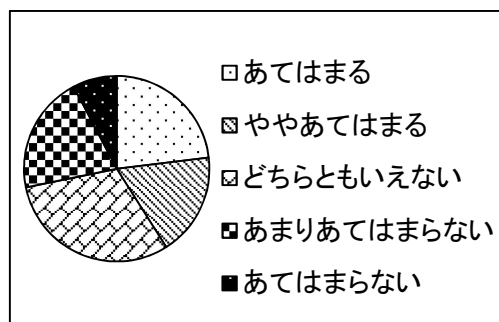


図 23 質問紙調査結果（暑熱感）

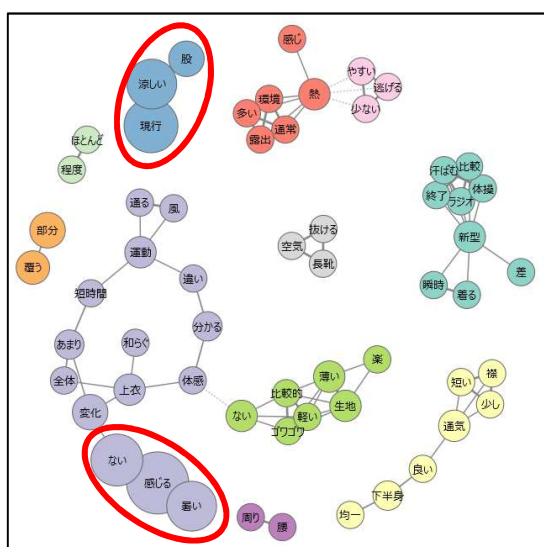


図 24 共起ネットワーク図 (暑熱感)

エ 呼吸のしやすさ

「現行のもの比べて、呼吸がしやすい」という項目に対し、「どちらともいえない」が6割程度（59.0%、n=23）で最も多く、次いで「ややあてはまる」が3割程度（30.8%、n=12）であった。残りの「あてはまる」及び「あてはまらない」は1割未満（あてはまる：7.7%、n=3、あてはまらない：2.6%、n=1）で、「あまりあてはまらない」を回答した者はいなかった（図25）。また、自由記述の共起ネットワーク図を図26に示す。現行と比較し、全体的には呼吸のしやすさに差はないが、上衣は軽さと生地のかさから呼吸がしやすく感じたという意見が挙げられていた。

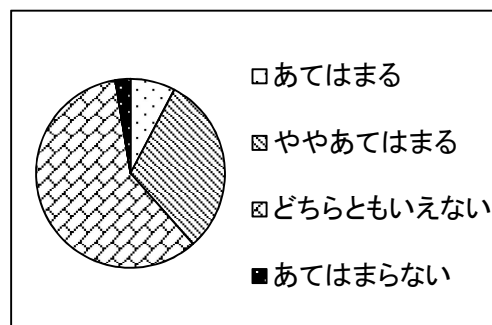


図 25 質問紙調査結果（呼吸のしやすさ）

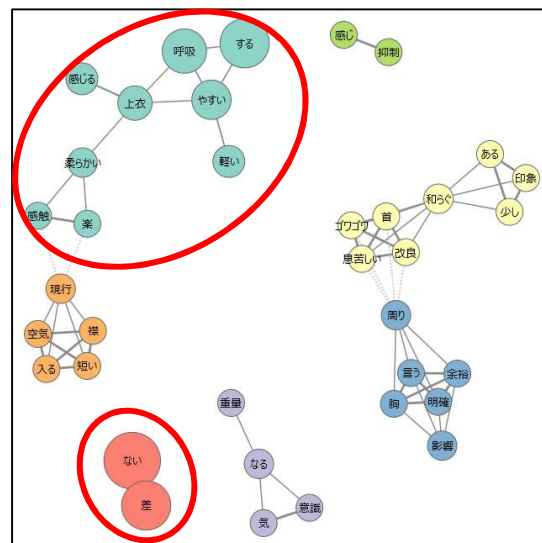


図 26 共起ネットワーク図（呼吸のしやすさ）

才 重量感

「現行のものと比べて、着た時に軽く感じる」という項目に対し、「あてはまる」が4割程度（38.5%、n=15）で最も多く、次いで「ややあてはまる」、「どちらともいえない」（ややあてはまる：35.9%、n=14、どちらともいえない：23.1%、n=9）であった。残りの「あまりあてはまらない」は1割未満（2.6%、n=1）で、「あてはまらない」を回答した者はいなかった（図27）。また、自由記述の共起ネットワーク図を図28に示す。現行と比較し、上衣の丈が短くなったことから軽く感じたという意見が挙げられていた。

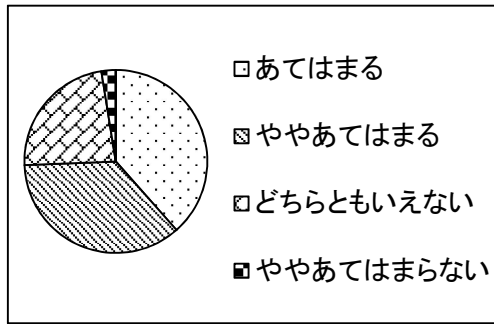


図 27 質問紙調査結果 (重量感)

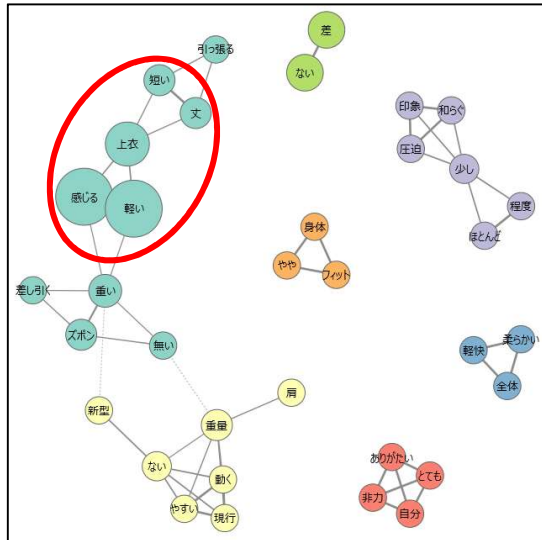


図 28 共起ネットワーク図 (重量感)

#### カ その他

その他の自由記述の共起ネットワーク図を図 29 に示す。新型防火服への意見として、裾が絞れるほうがよいこと、裾のファスナーのひもが長いこと、長靴から執務服が出ないようにしてほしいこと、ズボンの前側にフックかボタンを付けてほしいということが挙げられていた。

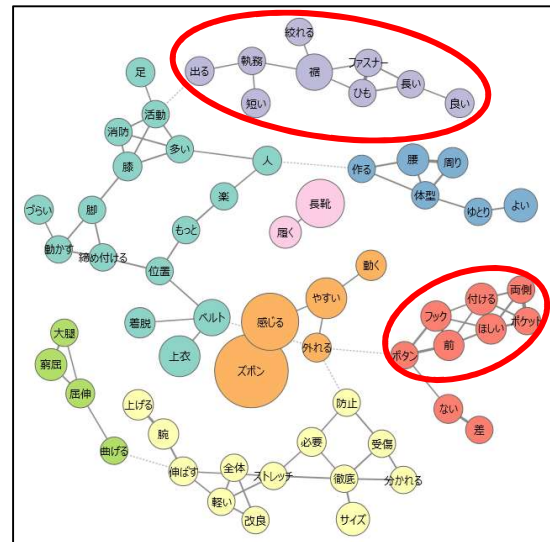


図 29 共起ネットワーク図 (その他)

## 4 考察

### (1) 完遂割合

運動の完遂割合について、有意な差は認められなかった。現行防火服及び新型防火服は下衣の生地と構造に違いがあるものの、上衣の生地や構造、装備の総重量は同程度であり、両者の身体的負担は運動完遂に影響を与えるほどの違いがあるとは言えなかった。

### (2) 推定発汗量

1 分あたりの推定発汗量について、有意な差は認められなかった。暑熱環境下における発汗量は、運動負荷や環境温の影響を受ける。推定発汗量に差が認められなかったことから、現行防火服と新型防火服の間には発汗量に影響を与えるほど着用中の運動負荷及び防火服内温度に違いがあるとは言えなかった。

### (3) 心拍数

心拍数について、有意な差は認められなかった。運動中の心拍数の増加の主な要因は体内水分量の不足によるものとされており<sup>4)</sup>、運動中の体内水分量の減少は発汗によるものである。また、心拍数は運動強度の高まり（漸増負荷）にほぼ比例して増加するとされている<sup>5)</sup>。条件間の推定発汗量及び運動強度が同等であったことから、心拍数に影響を与えなかったと考えられる。

### (4) 外耳道温度

外耳道温度について、運動開始時から 15 分後までにおいては現行防火服の方が低いことが分かった。運動開始時に差がみられたため、防火服装着後から運動開始までの待機時における熱放散に差があったと考えられる。新型防火服は現行防火服に比べ、個人装備品同士の生地が重なる部分（股部分及び足首部分）の面積が大きかった。そのため、空気層が増え、熱伝導率が低下することにより熱放散が減少したと考えられる。また、運動開始後は 15 分後まで温度上昇幅に条件間の差はなかった。これは、運動時の体温上昇には環境因子が大きく影響するが、環境温（本検証で

は断熱性の高い衣服を着用しているため、防火服内温度として考察する) が 5℃ から 35℃ の範囲であれば体温上昇率は同じとなることによるものであると考えられる<sup>6)</sup>。防火服内温度は両条件のどの部位も運動開始 10 分から 15 分の間まで 35℃ に達しなかったが、それ以降は各防火服内温度が 35℃ 以上となり、より高く防火服内温度が上昇した現行防火服で体温の顕著な上昇がみられ、運動終了時には外耳道温度は新型防火服を超えた。また、上昇値では新型防火服の方が低く、運動終了時には有意な差がみられた。これは、前述のとおり新型防火服が現行防火服より防火服内温度の上昇幅が小さかったことによると考えられる。これらのことから、新型防火服は暑熱環境下で 30 分を超えるような長時間の災害活動においては現行防火服よりも外耳道温度の上昇を抑制することが期待できる。

#### (5) 平均皮膚温度

平均皮膚温度について、運動終了時で新型防火服の方が低いことが分かった。皮膚温は生理的指標の中でも環境との境界に位置した場所の温度であり、環境温の影響を特に反映しやすいとされている<sup>7)</sup>。平均皮膚温度に差がみられた原因は、衣服の構造の違いにより防火服内温度に差が生じたことによるものと考えられる。また、上昇値では新型防火服の方が低く、10 分後以降に有意な差がみられた。これは、外耳道温度と同様に防火服内温度の差が影響しているだけでなく、平均皮膚温度が外耳道温度よりも環境温(防火服内温度)の影響を反映しやすいことを示していると考えられる。これらのことから、新型防火服は現行防火服よりも平均皮膚温度の上昇を抑制すると考えられる。

#### (6) 防火服内温度及び湿度

##### ア 温度

防火服内温度について、運動終了時の胸部、15 分後以降の大腿部及び運動中の背部については、新型防火服の方が低く、5 分後の大腿部については現行防火服の方が低いことが分かった。この結果は、新型防火服と現行防火服の形状の違いを反映していると考えられる。新型防火服は上衣の丈の長さが現行防火服より短い。そのため歩行運動の腕ふり動作による防火服内の空気層の循環が促され、胸部及び背部の防火服内温度上昇が抑制されたと考えられる。なお、現行防火服の上衣の丈は新型防火服より長い、前面は下腹部から下はファスナーがなく開いているため、空気が入り込みやすい。一方、背面は大腿部の長さまで隙間なく覆われている。これにより胸部については両条件とも空気層の循環は比較的行われており、運動終了時に初めて差がみられたが、背部については現行防火服で空気層の循環が妨げられ、運動中を通して差がみられたと考えられる。また大腿部については、下半身を覆う衣服の構造の違いにより差がみられたと考えられる。5 分後は現行防火服の方が低い、これは現行防火服の長靴に断熱性があり、試験室の室温からの伝熱を抑制したと考えられる。しかし現行防火服の長靴は筒口上部に伸縮性のあるゴムが入っており、大腿部から足部までを密封するような構造になってい

る。そのため運動による産生熱がこもり、10 分後以降も温度が上昇し続けたと考えられる。一方、新型防火服のズボンは臀部まで覆われているものの裾が開いており、歩行運動による空気層の循環が行われたと考えられる。そのため、5 分後には室温に近い温度まで上昇したものの、その後は温度の上昇が緩やかであった。これらのことから、新型防火服は現行防火服よりも熱がこもりにくく、それにより体温や平均皮膚温度の上昇を抑制することが期待できる。

##### イ 湿度

防火服内湿度について、運動中の背部及び大腿部で新型防火服の方が低いことが分かった。湿度が高いことは汗の気化量を低下させ、体温の上昇を招くとされている<sup>8)</sup>。そのため、防火服内の蒸れを外界に逃がすことが重要となる。前述のとおり、新型防火服は上衣が丈短で、ズボンは裾が開いているため、歩行動作による空気層の循環が行われることにより現行防火服よりも防火服内湿度が上昇しづらい構造になっていると考えられる。特に大腿部は条件間の差が顕著なため、ヒートストレスの軽減を求める上では重要な要素であると考えられる。

#### (7) 主観的指標

##### ア 熱的感觉

熱的感觉について、有意な差は認められなかった。熱的感觉は皮膚に加わる温度刺激に対してどの程度暑熱感を感じるかを評価するために測定した。身体部位の中でも頸部への加温は暑熱感を強く感じるとされている<sup>9)</sup>が、現行防火服と新型防火服の防火帽、しころ(防火帽の後ろに垂れて頸部を覆うもの。)及び上衣襟の構造、材質及び被覆面積は同等であり、頸部の熱的感觉も同等であったと考えられる。

##### イ 不快感

不快感について、有意な差は認められなかった。温熱的快適感は身体部位ごとに差があり、暑熱環境下では頭部の加温により強い不快感が生じるとされている<sup>10)</sup>。現行防火服と新型防火服では防火帽は共通のものを使用しており、その他の部分も不快感に違いがなかったことから、不快感に有意な差が認められなかったと考えられる。

##### ウ 運動強度

運動強度について、有意な差は認められなかった。主観的な運動強度は心拍数と正比例することが知られており<sup>11)</sup>、本検証では心拍数に有意な差は見られなかったことから運動強度も差がなく感じられたと考えられる。

#### (8) 質問紙調査

##### ア 運動中の着用感

##### (7) 現行防火服

長靴が歩きづらく足が痛くなったという意見がみられた。現行防火服の長靴は材質が硬く、長時間の歩行には適さないと考えられる。また、上衣に熱がこもる感じがしたという意見については、前述したとおり防火服内の熱が循環しづらい構造になっているためであると考えられる。

##### (4) 新型防火服

長靴が歩きやすかったという意見がみられた。新型防火服の長靴のインソールはクッション性があり、長時間の歩行でも足が疲れにくいと考えられる。下半身に暑さを感じたという意見については、新型防火服のズボンは股上が浅く、ヒップ幅及び太もも幅（渡り）が細い作りになっているため、窮屈さから暑熱感を感じたと考えられる。首周りに暑さを感じたという意見については現行防火服においても挙がった意見であり、襟が顔や顎に擦れ不快感を生じ、頸部に暑熱感をもたらしたと考えられる。

#### イ 着脱性

着脱性の評価について、「あてはまる」及び「ややあてはまる」が過半数を占め（59.0%、n=23）、新型防火服は現行防火服より着脱性が高いと考えられる。新型防火服はズボンと長靴がセパレート型になっているが、消防隊のように事前にズボン裾に長靴を通しておくことで、3つの動作（「長靴を履く」、「ズボンを履く」、「胴回りの面ファスナーを固定する」）を流れるように行うことができる。現行防火服は長靴の吊りフックを活動服のベルトに引っかける動作が必要であるが、その動作について手間がかかるという意見が多かった。しかし、特別区消防団員は新型防火服のセパレート型の着装に慣れておらず、迅速に着装するためには訓練が必要になると考えられる。

#### ウ 動作性

動作性の評価について、「あてはまる」及び「ややあてはまる」が過半数を占め（53.8%、n=21）、新型防火服は現行防火服より動作性が高いと考えられる。新型防火服は生地が柔らかく、肩周りの動かしやすさが動作性の評価の高さに繋がったと考えられる。一方、新型防火服はズボンの股上が浅く細身に作られているため、屈伸や伸脚、股割り動作がしづらかったという意見が多かった。消防団員の災害活動において、消火用ホースを操作する際にしゃがむ動作が多い傾向にあるため、ゆとりのあるズボンの方が動きやすいと考えられる。

#### エ 暑熱感

暑熱感の評価について、「どちらともいえない」が最も多いことが分かった（30.8%、n=12）。外耳道温度は条件間に差がみられたが0.2℃程度の差であり、暑熱感に影響を与えなかったと考えられる。

#### オ 呼吸のしやすさ

呼吸のしやすさの評価について、「どちらともいえない」が最も多いことが分かった（59.0%、n=23）。新型防火服の上衣は軽さと生地の柔らかさにより肩や胸周りへの負荷が軽減したと考えられるが、現行防火服の上衣は新型防火服と同等のゆとりがあることから、呼吸のしやすさに影響を与えるほどの違いはなかったと考えられる。

#### カ 重量感

重量感の評価について、「あてはまる」及び「ややあてはまる」が過半数を占め（74.4%、n=29）、新型防火服は現行防火服より重量感が軽減していると考えられる。新型防火服と現行防火服の総重量はほぼ同等であるが、新

型防火服の上衣は丈短のため、現行防火服よりも同サイズで400g程度軽い。一方、新型防火服のズボンと長靴は現行防火服の長靴よりも同サイズで500g程度重い。下半身の筋は日常的に上体の重量を支え、歩行や階段の昇降等で活用するため、全身の筋の中でも比較的負荷に強い。そのため、下半身への負荷が500g掛かることは重量感にはあまり影響を与えず、両肩への負荷が400g軽減されたことは敏感に軽さを感じさせ、重量感に影響を与えたと考えられる。

#### キ その他

その他の意見では、新型防火服への要望が多く挙がっていた。その中でも、裾を絞れる仕様にするには特に効果が高いと考えられる。裾を絞ることで、ゆとりのあるサイズのズボンを着用しても裾やファスナーが地面に着くことはなく、長靴から活動服の裾が出ても防火服からはみ出ることはない。また、上衣のベルトはバックルを閉めていない際に、ベルトがベルト通しから容易に抜けてしまうことが意見として挙がった。ベルトがベルト通しから抜けていることに気付かずに着用することは、意図せずベルトをどこかに引っ掛けてしまう等災害活動時の不安全要素となる。また、ベルトをベルト通しに通す作業は手間が掛かり、迅速な出場に支障をきたす可能性がある。近年では消防隊用防火服の上衣において、ベルトや墜落制止用器具を取り付けない仕様も増えてきており、新型防火服においても、ベルトを取り付けない仕様等の検討も必要である。

なお、消防団員の被験者は当初20名程度を予定していたが、新型コロナウイルス感染防止のため9名に止めた。消防団員と消防職員では質問紙調査の回答の傾向に差は見られなかった。

## 5 まとめ

本検証では、特別区消防団の現行防火服と新型防火服におけるヒートストレスによる身体への影響や着用感について検証した。その結果、次のような点が明らかとなった。

- (1) 新型防火服は現行防火服よりもヒートストレスによる身体への影響が一部軽減されている。
- (2) 新型防火服の着用感の評価は、上衣と長靴は概ね良好であるが、ズボンは窮屈でありサイズ展開や仕様について、検討する必要がある。
- (3) 運用する際の注意点として、防火服がセパレート型となり仕様が大きく変更となることから、防火服の着装訓練を取り入れる必要がある。また、サイズを選ぶ際には、膝の屈伸や伸脚運動を行い、活動に支障のない大きさのものを選ぶことが望まれる。

#### [参考文献]

- 1) 国土交通省・気象庁ホームページ、気温に関する用語  
[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo\\_hp/kion.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kion.html)

- 2) 小野雅司、登内道彦：通常観測気象要素を用いた WBGT（湿球黒球温度）の推定、日本生気象学会雑誌、Vol. 50、No. 4、pp. 147-157、2014.
- 3) 芳田哲也：環境変化に伴う生理的反応、森本武利監修 高温環境とスポーツ・運動、篠原出版新社、p. 9、2007.
- 4) 山地啓司：こころとからだを知る心拍数、杏林書院、p. 48、2013.
- 5) 山地啓司：こころとからだを知る心拍数、杏林書院、p. 49、2013.
- 6) 田中英登：運動時の体温、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、p. 490、2010.
- 7) 長野和雄、兼子朋也：環境温度と皮膚温・温熱感、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、p. 351、2010.
- 8) 田中英登：運動時の体温、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、p. 491、2010.
- 9) 小柴朋子：人体の局所加温・局所冷却反応、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、p. 260、2010.
- 10) 中村真由美、彼末一之：温度感覚と温熱的快適感、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、p. 38、2010.
- 11) 山地啓司：こころとからだを知る心拍数、杏林書院、p. 22、2013.

## Study on the New Firefighting Gear for the Volunteer Fire Corps in Tokyo's Special Ward Area

ASAHI Sho\*, SHIMIZU Yuji\*, SHIMIZU Tetsuya\*

### Abstract

The purpose of this course was to compare the heat stress effects and fit of current fire-retardant clothing (trousers and boots that cover the thighs were not adopted) and new fire-retardant clothing (those that comply with ISO standards and have separate trousers and boots), and to recommend specifications and precautions when using the new fire-retardant clothing. Firefighters dressed in fire-retardant clothing were subjected to exercise load in a hot environment, and physiological and subjective indicators were evaluated. In addition, fire department and volunteer fire corps members performed the same exercises and evaluated the fit of the clothes. The results found the heat stress on the body was lower than the current fire-retardant clothing, and the fit was also good. However, the trousers were tight and the expansion in size and other specifications need to be considered, and extra training is necessary to become accustomed to the new clothing.

---

\* Operational Safety Section