

# 消防隊員が行う暑熱順化トレーニングの 具体的方策に関する検証

久保 善正\*, 細谷 昌右\*, 玄海 嗣生\*, 山口 至孝\*\*

## 概要

消防隊員が実用的かつ効率的に暑熱順化が形成できるように、平成 22 年度の検証（暑熱順化トレーニングの具体的方策について）で暑熱順化トレーニングを実施したが、暑熱順化の効果を表す傾向は示されたものの、暑熱負荷強度及び運動強度が不足していたことが課題となった。そこで本検証では、その課題を踏まえ、2 パターンのトレーニングを実施し、その前後に夏場の環境を想定した運動負荷テストを行いトレーニングの効果を確認した。

その結果、暑熱順化の効果として現れる心拍数の抑制、体温の低下等の変化がみられたことから、今回行ったトレーニングは消防隊員が行う暑熱順化トレーニングとして有効であることが確認できた。

## 1 はじめに

夏場の暑い環境で、防火衣及び防火帽を着装して活動する消防隊員には、大きな熱ストレスがかかり、熱中症を誘発する確率が高いと考えられている。活動安全課では消防隊員の熱中症対策のために、平成 21 年度から自らの身体を暑い環境に適応させる「暑熱順化」に着目し検証を行っており、平成 21 年度の検証で、3 部制交替勤務のサイクルでも防火衣等完全着装で一定強度以上の運動を行えば、暑熱順化を形成することが可能であること<sup>1)</sup>がわかった。さらに、平成 22 年度の検証では、平成 21 年度に行った暑熱順化トレーニングが踏み台昇降運動で

あったため、消防隊員にとって消防活動訓練や体力トレーニングと併せて行えるよう実用的かつ効率的な暑熱順化トレーニングを考案し実施したが、暑熱順化の効果を表す傾向は示されたものの、十分な効果は得られず、暑熱負荷強度及び運動負荷強度が不足していたことが課題<sup>2)</sup>となった。

そこで、平成 24 年度は、その課題を踏まえ、平成 22 年度に行ったトレーニングを基本とし、暑熱負荷、運動強度を高めたトレーニングを考案し、その効果について消防隊員を対象に検証を行った。

表 1 暑熱順化検証に関する過去の検証内容

実施年度	所報	検証名	内容
平成 21 年	47 号	消防活動における効果的な暑熱順化の方策に関する検証	消防隊員の暑熱順化の方法を示すため、暑熱順化トレーニング（踏み台昇降運動）を行い、その効果を確認するために暑熱環境下における運動負荷テスト（以下「暑熱環境テスト」という。）を実施した。その結果、3 部制交替勤務の消防隊員は、防火衣等完全着装で 40 分間以上の踏み台昇降運動を、梅雨入り前の 4 月から 5 月にかけて、連続した 5 回以上の当番日に行うことで、暑熱順化の効果が得られることがわかった。
平成 22 年	48 号	暑熱順化トレーニングの具体的方策について	消防隊員が暑熱順化を行うにあたり、実用的かつ効率的な方法を示すために、身体を暑熱順化させるためのトレーニングをⅠ群は普段の消防活動訓練、Ⅱ群は業務用雨外とうを着装してランニングの 2 パターン実施し、その前後に暑熱環境テストを行い、その効果を検証した。結果は、Ⅰ群は、小隊長及び小隊員の体温及び発汗量について、Ⅱ群は、心拍数において、暑熱順化の効果を表す傾向が示されたが、有意な差は認められなかった。原因として、それぞれの暑熱順化トレーニングにおける暑熱負荷及び運動負荷の不足が考えられた。

\*活動安全課

\*\*消防技術課

## 2 検証方法

検証の概要について図1に示した。被験者をトレーニング別の中隊活動訓練及び防火衣を着装してランニングを行う（以下「防火衣ラン」という。）群（Ⅰ群）と防火衣ランのみを行う群（Ⅱ群）の2群に分け、それぞれ連続した7当番、決められたトレーニングを実施した。

なお、トレーニング効果を確認するため、トレーニング前後に暑熱環境テスト及び暑熱順化トレーニングに関するアンケートを行った。

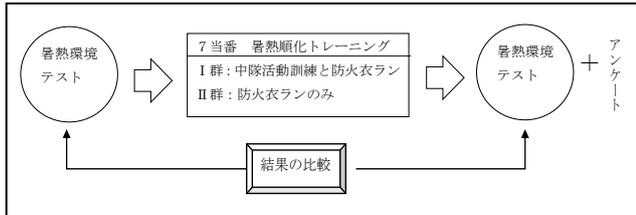


図1 検証の概要

### (1) 被験者

被験者は、3部制交替勤務の男性消防隊員とし、Ⅰ群は、矢口消防署12名、町田消防署16名の合計28名、Ⅱ群は、第三消防方面本部消防救助機動部隊13名とした。

### (2) 期間

本格的な夏がくる前に、実際に消防署で消防隊員が暑熱順化を形成することを目的としているため、平成24年5月7日から6月18日までとした。

### (3) 暑熱環境テスト

暑熱環境テストの内容を表2に示した。

表2 暑熱環境テストの概要

場 所	消防技術安全所 恒温恒湿室(一定の温度、湿度に保つ閉鎖型実験室)
環 境 条 件	気温31℃ 湿度70%
動 作	踏み台昇降運動(高さ20cm、速さ100回/分)
時 間	40分とし、10分ごとに90秒のインターバルを入れ、この間に体温と主観的運動強度を測定した。
着 衣 条 件	防火衣及び空気呼吸器(面体は除く)の完全着装
飲 水	運動直前に200mlの飲水
測 定 項 目	①体温②心拍数③水分損失率④主観的運動強度(VAS)

測定項目の詳細は以下のとおりである。

#### ア 体温

赤外線センサにより鼓膜温を計測する耳式体温計を用いて、体温を10分毎に計測した。

#### イ 心拍数

胸部ベルト型の電極と発信機が一体となったハートレートセンサを胸部に巻き、5秒毎に自動計測した。

#### ウ 水分損失率

50g単位で測定できる体重計を用いて、暑熱環境テストの開始前と終了後に体重を測定し、その差を開始前の体重で除したものを体重当たりの水分損失率とした。

なお、暑熱環境テスト前に安全確保のため摂取した水

分200mLは、暑熱環境テスト前の体重に加算した。

水分損失率(%) = (開始前体重 + 摂取水分量 - 終了後体重) / 開始前体重 × 100

#### エ 主観的運動強度

運動中にどの程度きつと感じているか(知覚の強さ)を0から100までの数値で客観的に把握するためにVisual Analogue Scale 検査法(以下「VAS」という。)を用いて、10分毎に記入した。



写真1 暑熱環境テストの様子

### (4) 暑熱順化トレーニング

平成22年度に行った暑熱順化トレーニングと今回行った暑熱順化トレーニングについて表3に示した。平成22年度は、各消防署で通常行われる消防活動訓練を暑熱順化トレーニングとしたもの及び業務用雨外とうを着装して、時速7.5km(8分/1km)で40分間のランニングを行うものであった。結果は、暑熱順化の傾向はみられたものの効果は確認されなかった。

今回はこの訓練方法を基本とし、運動強度、暑熱負荷を高めたトレーニングを2パターン実施した。Ⅰ群は、防火衣完全着装での中隊活動訓練を、撤収、講評等も含め40分間行うものとした。ただし撤収、講評の際は、呼吸器、防火帽は離脱してもよいとし、それ以外は、着装したままとした。これに加え、防火衣(執務服上下、防火衣上下、防火マスク、災害現場用手袋(ケブラー)、運動靴)を着装して時速8.5km(7分/1km)以上で20分のランニングを行った。

また、Ⅱ群は、防火衣(執務服上下、防火衣上下、防火マスク、災害現場用手袋、運動靴)を着装して時速10km(6分/1km)以上のランニングのみを行った。

なお、トレーニング時間は、短時間で効果を上げるため、ランニングの速度を上げ運動強度を高めて30分とした。

### (5) アンケート

Ⅰ群、Ⅱ群で行った暑熱順化トレーニングの負荷についてどのように感じたかを①とてもきつかった ②きつかった ③丁度よかった ④あまりきつくなかった ⑤きつくなかった の5件法で回答してもらった。また暑熱順化トレーニングを重ねるにつれ徐々に身体的に楽になった感じはあったかという質問に対し、①あった ②なかった ③わからない の3件法で回答してもらった。

また暑熱順化トレーニングの感想について自由回答で記入してもらった。

表3 平成22年度と平成24年度に行った暑熱順化トレーニング

I 群 消防活動をベースにした暑熱順化トレーニング内容	
平成22年度	平成24年度
通常行われる消防活動訓練。時期は5～6月に実施。訓練回数、訓練時間、防火衣の着装、活動内容については指定せず。	<p>完全着装（執務服上下、防火衣上下、防火マスク、防火帽、災害現場用手袋、長靴、呼吸器）で一般的な中隊活動訓練を撤収、講評等も含め40分間実施。ただし撤収、講評の際は呼吸器、防火帽は離脱してもよいが、暑熱負荷を高めるために、それ以外のものは着装したままとした。</p> <p>【消防活動訓練40分間のイメージ】</p> <p>活動訓練 + 撤収作業 + 講評等 = 40分間</p> <p>20分間      10分間      10分間</p> 
	<p>さらに、防火衣（執務服上下、防火衣上下、防火マスク、災害現場用手袋、運動靴）を着装して時速8.5km（7分/1km）以上で20分間のランニングを屋外で実施。</p> 

II 群 ランニングをベースにした暑熱順化トレーニング内容	
平成22年度	平成24年度
<p>恒温恒湿室内（温度20℃、湿度65%）のトレッドミル上で業務用雨外とう（長そでTシャツ、業務用雨外とう、運動靴）を着装し時速7.5km（8分/1km）のランニングを40分間実施。</p> 	<p>防火衣（執務服上下、防火衣上下、防火マスク、災害現場用手袋、運動靴）を着装して時速10km（6分/1km）以上で30分間のランニングを屋外で実施。</p> 

(6) 統計処理

暑熱順化トレーニング前後の40分間の暑熱環境テストの結果について、水分損失率は終了後の平均値を、体温、心拍数、自覚運動強度については、開始前を0分時とし、10分時、20分時、30分時、40分時経過の平均値を比較した。統計は、標本ごとに正規性の検定を行い、正規分布に従うものは、対応のあるt検定を、従わないものは、ノンパラメトリックな手法であるWilcoxonの符号付順位検定を用いた。アンケートについては単純集計とした。

なお、統計ソフトは、IBM SPSS. Version21.0 を使用した。

3 結果

(1) 被験者の属性

被験者の属性は表4のとおりである。

表4 被験者の属性

	【計測値】		【標準偏差】		全体計値	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
年齢 (歳)	30.2±0.3	1.33	25.5±0.3	29.50	26.7±0.4	
身長 (cm)	173.3±1.0	7.77	173.2±0.7	165.10	171.9±0.3	
体重 (kg)	57.6±1.7	5.57	55.4±1.4	73.3	60.3±0.3	

(2) 暑熱順化トレーニング時の気温と湿度

各群における暑熱順化トレーニング時の気温と湿度の平均値は表5のとおりである。

表5 暑熱順化トレーニング時の気温と湿度

	I 群 平均値±標準偏差	II 群 平均値±標準偏差
気温(°C)	22.4±2.5	23.6±1.3
湿度(%)	54.9±16.9	52.3±9.3

(3) 体温 (図2)

ア I 群

暑熱順化トレーニング後の体温は、暑熱順化トレーニング前と比較して低下する傾向がみられた。有意な差が認められたのは、10分、20分、30分、40分であった。40分時の平均値の差は-0.35°Cであり、個別値の差の最大値は、-1.7°Cであった。

イ II 群

暑熱順化トレーニング後の体温は、暑熱順化トレーニング前と比較して低下する傾向がみられた。有意な差がみられたのは、40分のみであった。40分時の平均値の差は-0.38°Cであり、個別値の差の最大値は、-1.4°Cであった。

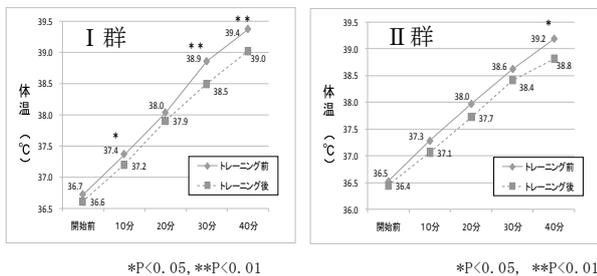


図2 I・II群のトレーニング前後の暑熱環境テストにおける体温の変化

(4) 心拍数 (図3)

ア I 群

暑熱順化トレーニング後の心拍数は、トレーニング前と比較すると低下する傾向がみられた。有意な差が認められたのは、10分、20分、30分、40分であった。40分時の平均値の差は-5.8 bpmであり、個別値の差の最大値は、-19.4 bpmであった。

イ II 群

暑熱順化トレーニング後の心拍数は、トレーニング前と比較すると低下する傾向がみられた。有意な差が認められたのは、40分のみであった。40分時の平均値の差は、-6.1 bpmであり、個別値の差の最大値は、-20.3 bpmであった。

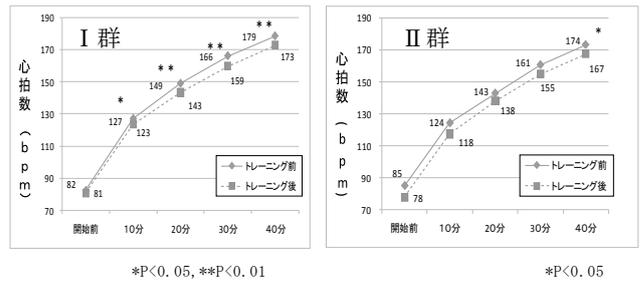


図3 I・II群のトレーニング前後の暑熱環境テストにおける心拍数の変化

(5) 水分損失率 (図4)

ア I 群

暑熱順化トレーニング前後の水分損失率については、有意な差はみられなかった。

イ II 群

暑熱順化トレーニング前後の水分損失率については、有意な差はみられなかった。

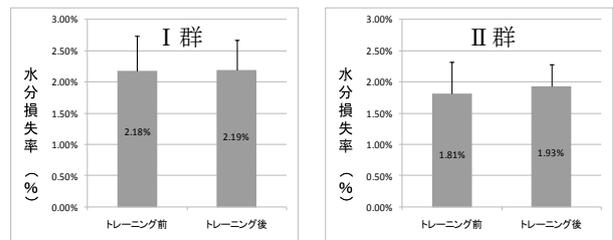


図4 I・II群のトレーニング前後の暑熱環境テストにおける水分損失率の変化

(6) 主観的運動強度 (VAS) (図5)

ア I 群

暑熱順化トレーニング前後の主観的運動強度については、特に変化はみられなかった。

イ II 群

暑熱順化トレーニング後の主観的運動強度は、トレーニング前と比較すると低くなる傾向がみられた。全ての時間において有意な差が認められた。40分時の平均値の差は-11.1であり、個別値の差の最大値は、-37.0であった。

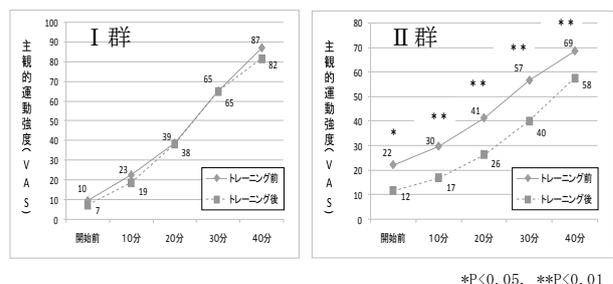


図5 I・II群のトレーニング前後の暑熱環境テストにおける主観的運動強度の変化

(7) アンケート

ア I群 (N=28人)

(7) 消防活動訓練の負荷について

結果は図6のとおりであり、「丁度よい」と回答した者が14名であり、一番多かった。

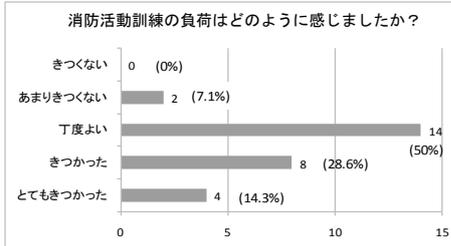


図6 I群 消防活動の負荷について

(イ) 防火衣ランの負荷について

結果は図7のとおりであり、「丁度よい」「きつかった」の回答が多かった。

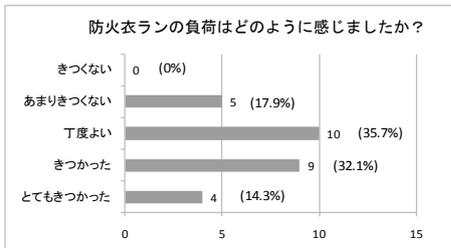


図7 I群 防火衣ランの負荷について

(ロ) トレーニング効果について

結果は図8のとおりである。暑熱順化トレーニングを重ねるにつれ、徐々に身体が楽になる感じが「あった」と回答した者は16名であり、一番多かった。

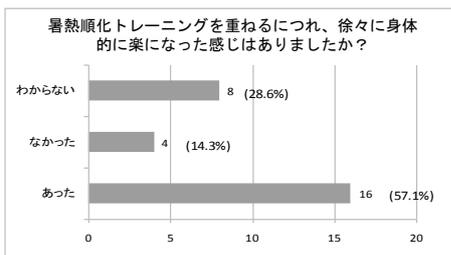


図8 I群 暑熱順化トレーニングの効果について

イ II群 (N=13人)

(7) 防火衣ランの負荷について

結果は図9のとおりである。「きつくない」「あまりきつくない」と回答した者はおらず、「丁度よい」と回答した者は6名であり、一番多かった。

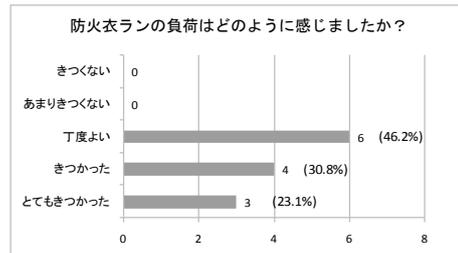


図9 II群 防火衣ランの負荷について

(イ) トレーニング効果について

結果は図10のとおりである。暑熱順化トレーニングを重ねるにつれ徐々に身体が楽になる感じが「あった」と答えた者が7名であり、一番多かった。

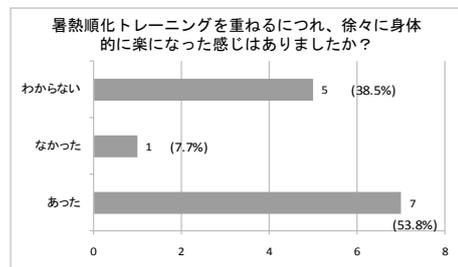


図10 II群 暑熱順化トレーニングの効果について

ウ 暑熱順化トレーニングの感想について(自由回答)

肯定的意見として、

・訓練を重ねるにつれ、徐々に身体が暑さになれることが実感できた。

・消防活動訓練を毎当番したので技術の向上に繋がった。

・撤収も訓練としてとらえることができ、スムーズにできるようになった。

・普段より長く防火衣を着装し、ランニングも負荷が強いために、熱が身体から逃げず、熱中症になる過程が体験でき、自分の限界を知ることができた。

などが挙げられた。

また、否定的な意見、その他の意見として、

・天候や気温が変わるとトレーニングのつらさも変わった。

・当番でやると疲労が蓄積してしまう。

・汗をたくさんかくので予備の防火衣が必要。

・日頃運動していない40代以上の消防隊員には少し負荷が強いかもしれない。

などが挙げられた。

## 4 考察

### (1) 暑熱順化トレーニングの効果について

暑熱ストレスに繰り返し暴露されることにより、暑熱環境で生体負担を軽減するような適応が生じる。その効果として現れる生理学的変化として、強度の等しい運動を行った場合、発汗率の増加、心拍数の抑制、体温の低下、循環血液量の増加等の傾向を示すことが分かっている<sup>3-7)</sup>。今回の検証の結果では、発汗率(水分損失率)の増加は認められなかったものの、体温、心拍数、主観的運動強度で暑熱順化トレーニング前と比べて有意な低下がみられた。このことから、今回行った暑熱順化トレーニングは、生体負担を軽減する効果があり、暑熱順化を形成したといえる。

今回、発汗率に関して、有意な差が認められなかった原因として、「無効発汗」が考えられる。生体反応の発汗の役割として、汗をかくことにより、体表面を濡らし、その水分が体表面から蒸発する際に身体から気化熱を奪い、身体を冷却する作用がある。しかし、防火衣の着装により体表面からの熱放散経路は断たれてしまい、蒸発性の冷却はできない。つまり、防火衣を着装した状態では、無効な汗の流出となり、ナトリウムの損失により危険な脱水につながる。体内の水分の維持という観点からすれば、むしろ無効な発汗を少なくし水分損失を防いだ方が有利といえる。

また、高湿度環境下での多量の発汗が続くと、発汗量は次第に減少することが知られている。この現象は「発汗漸減」と呼ばれ、汗の浸透によって皮膚の角質層が膨潤し、汗腺導管の汗口部の狭窄が起こるために生じる<sup>3)</sup>と考えられている。発汗漸減は、無効発汗量が多い時ほど顕著に起こるとされており、発汗漸減には無駄な汗を減少させて体液を保持するという観点から合目的性がある<sup>3)</sup>。つまり、今回発汗が増えなかった理由として消防隊員が、防火衣を着装して繰り返し運動を行うことにより、生体が無効発汗と認知し、無効な汗の量を増やさずに生体負担を減らす適応を示したと考えられる。

興味深いことに発汗漸減は、運動鍛錬者ではみられるが、非鍛錬者では観察されなかった<sup>3)</sup>という報告がある。運動鍛錬者は運動中、やみくもに多量の汗をかき続けるわけではなく、体温や体液のバランスを維持するために、効果的に発汗すると考えられており、この適応を獲得するには日頃からの運動も欠かせない。

また、暑熱順化を獲得すると同体温での発汗量は増大する<sup>5)</sup>とされていることから、体温が抑制されたため、同体温まで到達せず、全体の発汗量が増加しなかったことも一つの要因と考えられる。

心拍数、体温が有意に低下した理由は、負荷の高いトレーニングを繰り返し行ったことにより、身体が適応し強化され、生体負担を減らすことができ、同強度の運動を行っても、心拍数、体温が上がりなかつたと

考えられる。人間には、外部環境の変化に対し、水分と塩分のバランスを一時的に崩しながら体温を一定に保とうとする自律神経機能が備わっており、今回、水分損失が変わらなかったことから、暑熱下で同強度の運動を行った場合、身体にかかる負荷が以前より少なくて済み、体液調整の負担が少なく済んだと考えられる。

今回の暑熱順化トレーニングにより、心拍数、体温は有意に低下し、また無効発汗は増えなかった。このことは防火衣を着装しての活動を必須とする消防隊員にとって、暑熱下で以前より生体負担を少なく活動できるということであり、良い結果が得られたと言える。

また、繰り返し消防活動訓練を行うことにより、熱中症の予防はもちろん、暑熱下での運動パフォーマンスが向上し、消防活動技術の向上にもつながることが期待される。

### (2) I群とII群の暑熱順化トレーニングの結果について

II群では40分時のみ、体温、心拍で有意に値が低下したが、I群では体温では10分時、30分時、40分時、心拍では0分時以外のすべての時間で有意な差がみられた。このことから、I群のトレーニングの方がより消防活動を始めてから早い段階でも効果が高いといえる。しかし、自覚運動強度の結果をみると、I群では有意差はみられなかったが、II群ではすべての時間において有意な差がみられた。この結果は、I群の方が、生理負担を見る限りでは効果が高いが、暑熱順化を実感するような感じはなく、II群のほうは40分時のみでしか心拍、体温の有意差はなかったが、暑熱順化を実感し、負担感が低くなったと感じていることがわかる。

心理面が強化された原因として、II群は防火衣を着て時速10 kmでランニングをするというかなり運動負荷が高いトレーニングを行ったため、日頃からこのトレーニングでつらさを体験しており、心理面が強化されたと考えられる。アンケートの結果をみても、II群の防火衣ランの結果は、13人中、「丁度よい」が6人と一番回答が多いものの、「あまりきつくない」「きつくない」と回答したものは一人もおらず、「きつかった」4人「とてもきつかった」3人であり、身体的に負荷が高かったものと読み取れる。暑熱順化の発現には、暑熱ストレスの大きさが関与しており、環境条件、着衣条件、暑熱暴露時間と運動強度の負荷により暑熱順化の程度が異なるといわれている<sup>4)</sup>。今回環境条件、着衣条件は同等で、暑熱暴露時間と運動強度がI群、II群では異なる。I群、II群のトレーニングの差を考えると、I群は、トレーニング時間が全部で60分間であり、暑熱暴露の時間が長い。II群は、I群と比べると運動時間は30分間であり暑熱暴露の時間は短い、その分、運動負荷が高い。そしてII群では10分時、20分時、30分時では生理負担を軽減している結果は得られなかったが、40分時には心拍、体温共に低下が確認

され、心理面も強化されている結果が得られている。このことからⅡ群のトレーニングは有効なトレーニングであるといえる。

以上の結果から、消防署で行う暑熱順化トレーニングは、Ⅰ群で行ったトレーニングを基本とし、時間、業務の都合で、Ⅰ群のトレーニングが行えない場合は、Ⅱ群の訓練を代替するという方法が良いと思われる。

### (3) 暑熱順化トレーニングの時期について

今回の検証では、暑熱順化トレーニングを5月～6月中旬にかけて行い、トレーニング時の平均気温は22～24℃、平均湿度は52～55%であり(表5)、気温は例年並み、湿度は例年よりやや低い値であった(図11)。

先にも述べたが暑熱順化の獲得には、暑熱ストレスの大きさが関与しており、環境条件、着衣条件、暑熱暴露時間と運動強度の負荷により暑熱順化の程度が異なる<sup>4)</sup>。今後、暑熱順化トレーニングを行うにあたり、今回と同等以上の気温、湿度で行えば、暑熱順化を獲得できるが、例年より大きく気温、湿度が低くなる場合は、トレーニング時間を長くし暑熱暴露時間を増やす、防火衣ランの速度を上げ運動強度を強くする等の工夫をする必要がある。

また、短期的に獲得した暑熱順化は2～3週間で消失してしまう<sup>7)</sup>とされている。しかし、順化後、1週間以内に暑熱順化トレーニングを1回すれば再順化できる<sup>3)</sup>という報告もあることから、暑熱順化を維持するために、本格的な夏が来る7月まで1週間に1回は暑熱順化トレーニングを行う必要がある。このことを踏まえるとトレーニングの開始時期は、7当番の暑熱順化トレーニングが、本格的な夏季となる7月前に終わるよう6月初旬に設定するとよい。しかし、時間をかけて獲得した暑熱順化反応は、トレーニング中止後の保持期間が長い<sup>4)</sup>とされており、また、6月は梅雨の時期であり、突発的に気温が高くなる日も散見されることを考慮すると、時間が取れる場合は、5月からトレーニングを行い、暑熱順化形成後は、1週間に1回、維持のためのトレーニングを続けた方が良いと思われる。

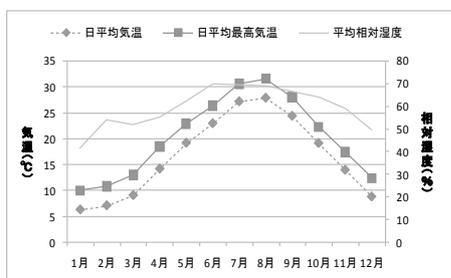


図11 月別の過去3年間(2009～2011)の東京の平均気温及び平均相対湿度(気象庁HPより)

## 5 まとめ

これまで行った検証から、消防隊員の熱中症の予防には、冷却剤の活用<sup>8)</sup>やこまめな水分補給をすること<sup>9)</sup>が有効であることがわかっている。これに加え、今回行った暑熱順化トレーニングも、暑熱下での隊員の生理負担を減らすことが確認できた。

以上のことから、消防隊員の熱中症対策として、本格的な夏が来る前に、暑熱順化トレーニングを行い、身体そのものを暑さに強い身体にし、これに加え、冷却剤の活用、水分補給の対策を複合的に用いて対応することが有効と言える。

## 6 おわりに

本検証に際し、ご協力いただきました第三消防方面本部、矢口消防署及び町田消防署の皆様にご心から感謝いたします。

### [参考文献]

- 1) 山本陽太ほか: 消防活動における効果的な暑熱順化に関する検証. 消防技術安全所報 47号. 2010. pp45-52
- 2) 山本陽太ほか: 消防活動における効果的な暑熱順化に関する検証(暑熱順化トレーニングの具体的方策について). 消防技術安全所報 48号. 2011. pp77-83
- 3) 平田耕造、井上芳光: 体温-運動時の体温調節システムとそれを修飾する要因\_NAP. 2002
- 4) 井上芳光、近藤徳彦: 体温Ⅱ-体温調節システムとその適応. NAP. 2010
- 5) 彼末一之: からだと温度の事典. 朝倉書店. 2010
- 6) 中井誠一: スポーツ医科学. 杏林書院. 2009
- 7) McArdle, W. D 著: 運動生理学. 杏林書院. 2000
- 8) 町田広重ほか: 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. 1999. pp110-120
- 9) 三野正浩ほか: 消防活動時における水分摂取が熱中症予防に及ぼす効果の検証. 消防科学研究所 45号. 2008. pp79-83