

## 暑熱条件下での主観的評価と客観的指標の関係性について

小笠原 儀彦\*, 新藤 貴久\*\*, 佐藤 建司\*, 玄海 嗣生\*, 熊野 裕二\*

### 概 要

消防隊員の安全管理の主体は本人であり、熱中症等の受傷事故防止において、本人による確実な意思表示は不可欠である。活動安全課の過去の検証で、体調に関する本人の主観的評価が正しいとは限らないことが確認されていることから、暑熱条件下において、本人の主観的評価と測定器具を使用したバイタルサイン等の客観的指標の間にどのような関係があるのかについて検証し、熱中症防止等の消防隊員の安全管理に資することを目的とした。

検証の結果、暑熱条件下における本人の主観的評価と、測定器具を使用したバイタルサイン等の客観的指標の間には相当のギャップがあることが確認された。普段の訓練時から主観的評価と客観的指標を測定し、そのギャップを自覚することや、主観的な特性を把握することが、熱中症事故等の防止につながると考えられる。

### 1 はじめに

消防隊員の安全管理の主体は本人であり、熱中症等の受傷事故防止において、本人による確実な意思表示は不可欠である。しかし、活動安全課の過去の検証では、本人が主観にもとづき運動強度が低く体調も余裕だと申告していながら、測定した心拍数は180回/分以上、体温も38℃以上になっていたケースなど、体調に関する本人の主観的評価が正しいとは限らないことが確認されている。

特に活動中の消防隊員は、使命感等の心理的要因から、日常生活にも増して、本人の主観的評価と実際の体調とのギャップが大きくなっている場合があるため、受傷事故防止上危険な状態と言える。したがって、そのギャップを自覚し、少なくしていく必要がある。

そこで本検証では、暑熱条件下において、本人の主観的評価と、測定器具を使用したバイタルサイン等の客観的指標の間にどのような関係があるのかについて検証し、熱中症防止等の消防隊員の安全管理に資することを目的とする。

### 2 実験方法

#### (1) 概要

各種生理データ測定機器を装着した被験者に、暑熱条件下での運動負荷を与え、運動実施中の被験者に、自己の生理状態を主観的に回答させた。そこから得た、各種生理データ測定機器による客観データと、被験者の回答

による主観データを解析し、相互の関係性について検証した。

#### (2) 被験者

消防技術安全所に勤務する消防職員12名(消防技術課員2名、装備安全課員2名、危険物質検証課員2名、活動安全課員6名)を被験者とした。男女の内訳は、男性10名・女性2名であった。平均年齢は38.75歳(最年少33歳・最年長52歳)であった。

#### (3) 実験条件

不安定要因を排除し、被験者の状態を可能な限り同一とするため、実験時間帯は午前中に統一した。実験時は火災出場時の服装とし、執務服上下衣、防火衣上下衣、長靴、災害用手袋、防火マスク、防火帽、空気呼吸器を装着させた(写真1)。



写真1 実験時の服装

\*活動安全課 \*\*牛込消防署

(4) 測定項目

ア 客観データ

(7) 実測体温

鼓膜外体温計を使用し、実験中連続的に測定した（写真2～4）。

(イ) 実測心拍数

心拍数測定器を使用し、実験中連続的に測定した（写真2、3）。

(ウ) 体重

運動の前後に、裸体重を測定した。

イ 主観データ

(7) 主観体温

被験者に、自己の体温を主観的判断で回答させた。

(イ) 主観心拍数

被験者に、自己の心拍数を主観的判断で回答させた。

(ウ) RPE 尺度

被験者の主観的な状態を回答させた。

なお、RPEとはRating of perceived exertionの略で、運動等の際の主観的強度として広く一般に用いられている尺度である。

図1に示すとおり、6～20の数値で回答させる尺度で、奇数ごとに言葉の説明が入っている。

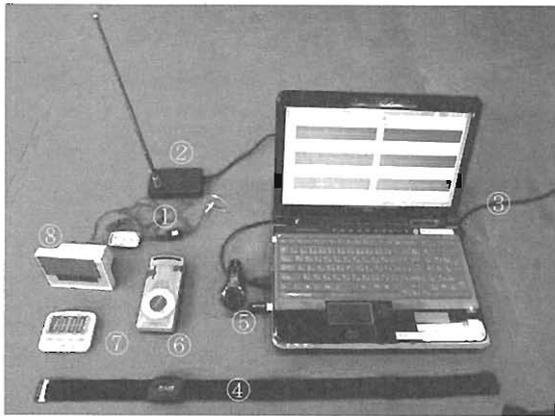


写真2 実験使用資器材

- ①鼓膜外体温計 ②鼓膜外体温計受信アンテナ
- ③記録 PC ④心拍数測定器 ⑤心拍数測定受信機
- ⑥メトロノーム ⑦タイマー ⑧温湿度表示

|           |
|-----------|
| 20        |
| 19 非常にきつい |
| 18        |
| 17 かなりきつい |
| 16        |
| 15 きつい    |
| 14        |
| 13 ややきつい  |
| 12        |
| 11 楽である   |
| 10        |
| 9 かなり楽である |
| 8         |
| 7 非常に楽である |
| 6         |

図1 RPE 尺度



鼓膜外体温計

心拍数測定器

写真3 測定器の設定状況

(エ) VAS 尺度

身体状態、精神状態、災害現場に当てはめた場合の状態の三種類について回答させた。身体状態と精神状態については左端を「元気いっぱい」、右端を「かたつないほどきつい、つらい」とし、災害現場に当てはめた場合については左端を「まだまだいくらでも活動できる」右端を「活動不能になる危険があるので申告する」とし、測定時点での主観的な状態の位置にチェックさせた。

なお、VASとはVisual Analogue Scaleの略で、10cmの水平線上で、質問に対して自分の状態に近いと感じるポイントにチェックするものである。図2に示す例は、医療機関等で使用されるもので、0に近いほど痛みがなく、100に近いほど痛みが強いことを意味する。

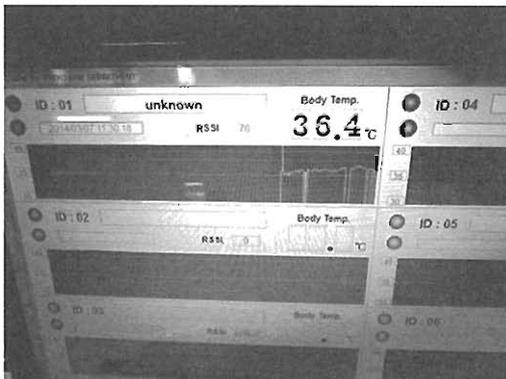


写真4 実測体温表示状況

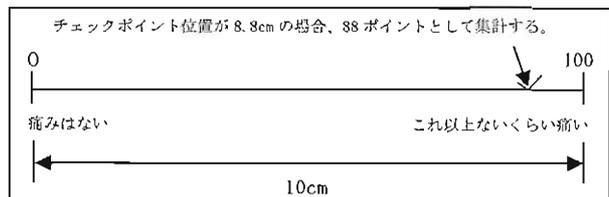


図2 VAS の例

(オ) 口頭申告尺度

実験者が被験者に「もっとも楽なときをゼロ、もっともきついときを10とすると今はいくつですか」と直接聴取して回答させた。

(カ) その他の主観感覚

(7)~(オ)の他に、被験者が主観的に感じた身体状況を自由記述で回答させた。

(キ) 主観的発汗感覚

運動終了時に、運動による発汗の感覚を回答させた。

(5) 運動負荷条件

東京地方の夏期(7・8月)の3年間の平均最高気温31.7℃、湿度69.8%を採用し、室温32℃・湿度70%に設定した恒温恒湿室で、踏み台昇降運動を実施させた(写真5、6)。踏み台の高さは20cm、テンポは毎分100回とした。運動の終了は被験者の自己判断によるものとしたが、熱中症防止等の安全管理上の理由から、被験者の実測体温が38.5℃に達しても終了の意思がない場合は実験者が強制終了させた。

なお、体温38.5℃は、労働管理に携わる他機関等において作業等を中止させるべき体温としており<sup>1),2)</sup>、活動安全課の過去の検証においても、スポーツ等で障害を起こさない限度の警戒体温としている<sup>3)</sup>ことから、熱中症リスクのある強制終了基準として設定した。

被験者の主観判断への影響を排除するため、経過時間や途中時点での実測体温等の客観データはすべてブラインドとした。

(6) 測定条件

(4)イ(7)~(オ)の主観データについては、防火衣装着前の安静時、運動開始直前、運動負荷開始後5・10・13・15・20・23・25・30・33分に測定を実施した。

ただし(5)と同様、主観判断への影響を排除するため測定の時機は被験者には知らせなかった。

また、38.5℃を越えて強制終了させる場合は、その旨が被験者に伝わると主観調査に影響するので、主観調査を実施してから実測体温を告げ、終了させた。



写真6 実験の様子

### 3 結果・考察

#### (1) 運動終了の判断

自己申告によって運動を終了した被験者が2名、実験者による強制終了であった被験者が10名であった。

#### (2) 単純集計

運動負荷に関する結果は表1、発汗に関する結果は表2のとおりである。

表1から、体温・心拍数ともに、被験者の主観値は実測値を下回る傾向があることが分かる。ただし、体温に関しては実測値が38℃以下では概ね主観値の方が上回っている。

また、終了時、実測体温は平均で38.5℃を超えているにも関わらず、各主観尺度が満点ではないことが分かる。

発汗データは表2のとおりで、主観値と実測値の差は数百グラムで、感覚としても妥当な範囲であった。なかには主観発汗量を3,000gと回答した被験者もいたが、体温上昇や疲労による錯乱ではなく、発汗量を意識したことがないことから見当がつかなかったものであった。普段から運動前後で体重を測定する等で修正できる問題であり、安全管理上の問題はないと言える。

#### (3) 実測体温データと各種主観データの関係についての解析結果

実測体温と主観体温のデータの平均値をグラフにしたものは図3のとおりで、被験者が主観的に判断した体温と実際の体温にギャップがあることが分かった。

そこで、実測体温と主観体温の全データを図4のとおり散布図にし、ギャップの詳細を解析した。実測体温と主観体温を一致させた切片0の回帰直線と、実際のデータの回帰直線は37.16℃で交差し、それ以下では主観体温が実測体温を上回り、それ以上では実測体温が主観体温を上回った。主観体温が38.5℃となる実測体温は、最も低い被験者で37℃、最も高い被験者で40.96℃、全被験者平均では39.4℃であった。



写真5 運動中の被験者

表1 運動負荷に関するデータ (平均値)

|               | 実測体温 (°C) | 主観体温 (°C) | 実測心拍 (bpm) | 主観心拍 (bpm) | 口頭申告 0~10 | RPE 6~20 | 身体 VAS | 精神 VAS | 現場 VAS | 被験者数 |    |
|---------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|----------|--------|--------|--------|------|----|
|               |           |           |            |            |           |          | 0~100  |        |        |      |    |
| 着装前           | 36.3      | 36.3      | 85.5       | 69.5       | 0.5       | 7.2      | 6.5    | 7.0    | 2.5    | 12   |    |
| 開始時           | 36.0      | 36.5      | 91.2       | 76.2       | 2.1       | 9.6      | 14.5   | 11.8   | 10.2   | 12   |    |
| 運動開始後経過時間 (分) | 5         | 36.1      | 36.9       | 128.3      | 91.3      | 3.6      | 11.2   | 24.5   | 25.8   | 20.0 | 12 |
|               | 10        | 36.6      | 37.1       | 141.3      | 101.7     | 4.6      | 12.3   | 34.8   | 33.3   | 30.3 | 12 |
|               | 13        | 37.0      | 37.2       | 148.2      | 109.9     | 5.3      | 12.8   | 37.9   | 37.3   | 36.7 | 12 |
|               | 15        | 37.3      | 37.4       | 153.3      | 116.3     | 5.7      | 13.4   | 43.2   | 42.9   | 42.5 | 12 |
|               | 20        | 37.8      | 37.7       | 162.5      | 126.1     | 6.8      | 15.1   | 58.2   | 58.8   | 56.8 | 11 |
|               | 23        | 38.1      | 38.0       | 165.4      | 140.0     | 7.9      | 16.4   | 70.9   | 69.1   | 71.3 | 10 |
|               | 25        | 38.0      | 38.1       | 169.3      | 147.9     | 8.3      | 17.0   | 71.1   | 71.3   | 73.9 | 7  |
|               | 30        | 38.4      | 38.2       | 172.0      | 172.0     | 8.8      | 17.5   | 78.0   | 72.5   | 77.3 | 4  |
| 33            | 38.4      | 37.8      | 171.0      | 155.0      | 7.0       | 15.0     | 69.0   | 46.0   | 65.0   | 1    |    |
| 終了時 (平均 26分)  | 38.6      | 38.2      | 174.8      | 147.5      | 8.7       | 17.1     | 73.3   | 70.3   | 75.6   | 12   |    |

表2 発汗に関するデータ (平均値)

|       |          |    |
|-------|----------|----|
| 実測発汗量 | 875.0g   |    |
| 主観発汗量 | 1,112.5g |    |
| 発汗の感覚 | 普通       | 5名 |
|       | かなり多い    | 6名 |
|       | 異常に多い    | 1名 |

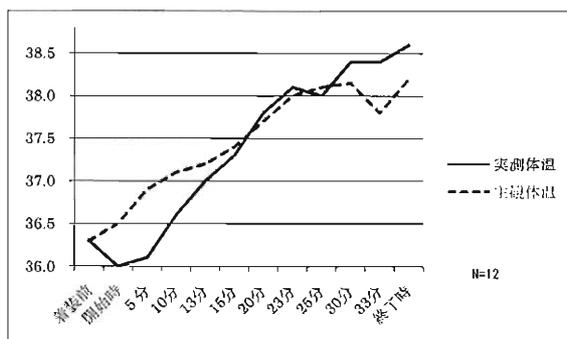


図3 時系列グラフ (実測体温と主観体温)

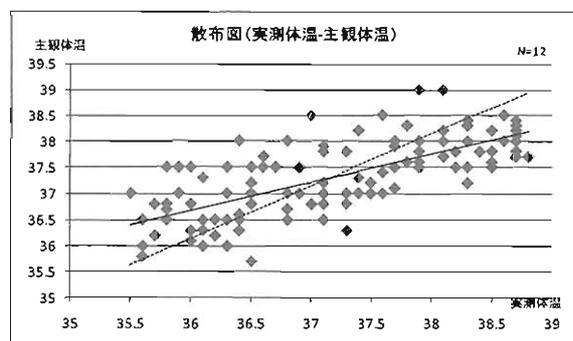


図4 実測体温・主観体温のデータ散布図 (実線—がデータ回帰直線、点線…が切片0の回帰直線)

各主観尺度の満点数値での実測体温を散布図の回帰直線式から算出した結果は表3のとおりである。また、強制終了させた被験者の、38.5°Cを超えた時点での各主観データについては表4のとおりである。

消防活動等の運動の継続が困難になり、熱中症リスクが生命の危険をはらむ体温は40°C付近とされている<sup>1), 2), 4)~8)</sup>が、表3から分かることは、被験者が主観的に限界を感じるときには、実際はすでに限界を超えて危険な状態になっていることが予想され、それから脱出等の行動をしても手遅れになる可能性が高いということである。

表4から分かることは、被験者は体温38.5°Cという状況を正しく捉えることができていないということである。実測体温が38.5°Cを超えているにもかかわらず、各主観尺度が満点の半分程度、あるいは半分にも満たない被験者が複数いる状況は、表3の結果と併せて、安全管理上非常に危険と言える。

表3 主観尺度満点毎の実測体温算出値 (N=12)

| 尺度         | 最低値  | 最高値  | 平均値  |
|------------|------|------|------|
| 口頭申告=10    | 37.8 | 40.5 | 39.3 |
| RPE=20     | 37.8 | 42.2 | 39.9 |
| 身体 VAS=100 | 31.9 | 41.0 | 40.1 |
| 精神 VAS=100 | 31.7 | 43.8 | 40.3 |
| 現場 VAS=100 | 37.9 | 65.0 | 40.0 |

表4 実測体温 38.5℃超での主観データ (N=10)

|        | 最低値  | 最高値  | 平均値  |
|--------|------|------|------|
| 主観体温   | 37.7 | 38.5 | 38.1 |
| 口頭申告   | 5    | 10   | 8.1  |
| RPE    | 13   | 19   | 16.5 |
| 身体 VAS | 7    | 96   | 68.9 |
| 精神 VAS | 9    | 96   | 64.5 |
| 現場 VAS | 10   | 96   | 71.0 |

(4) 各主観尺度の妥当性

実測体温・実測心拍数と各主観尺度それぞれの相関係数は表5のとおりで、すべて相互に1%水準で有意な相関があった。

表5 体温・心拍数と各主観尺度の相関 (N=12)

|    | 口頭申告           | RPE            | 身体 VAS         | 精神 VAS         | 現場 VAS         |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 体温 | $r=0.768^{**}$ | $r=0.701^{**}$ | $r=0.721^{**}$ | $r=0.666^{**}$ | $r=0.704^{**}$ |
| 心拍 | $r=0.745^{**}$ | $r=0.686^{**}$ | $r=0.655^{**}$ | $r=0.617^{**}$ | $r=0.620^{**}$ |

\*\* :  $P < 0.01$

実測体温・実測心拍数と、口頭申告・RPE及びVASのなかで最も相関の高かった身体VASとの散布図を図5～10に示す。

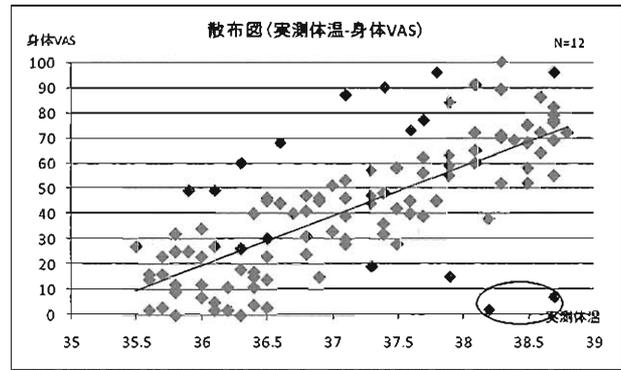


図7 実測体温・身体VASのデータ散布図

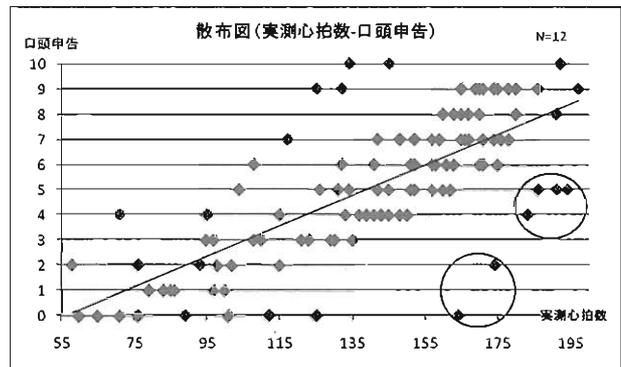


図8 実測心拍数・口頭申告のデータ散布図

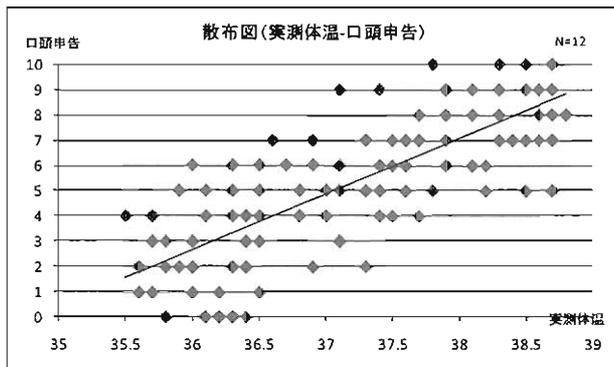


図5 実測体温・口頭申告のデータ散布図

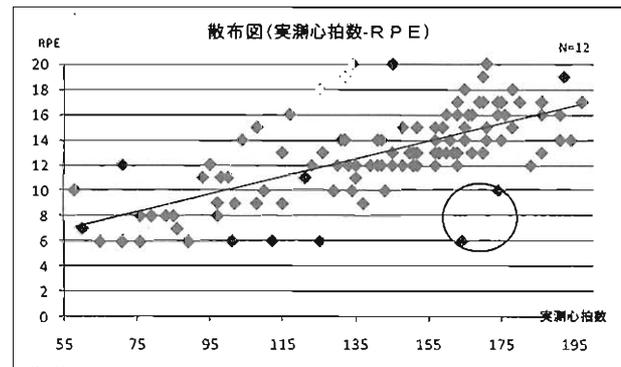


図9 実測心拍数・RPEのデータ散布図

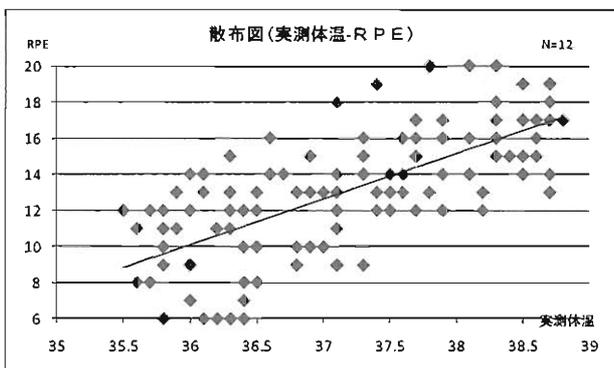


図6 実測体温・RPEのデータ散布図

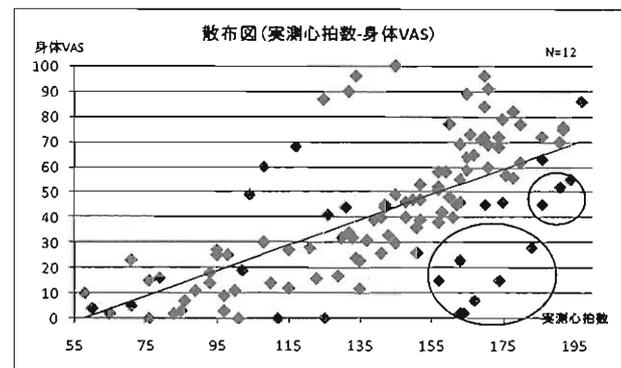


図10 実測心拍数・身体VASのデータ散布図

各主観尺度は、実測体温との相関係数の方が、実測心拍数とのそれよりも高い。散布図においても、実測心拍数では、枠で囲ったとおり、実測値が限界に近いのにも関わらず主観尺度が低いデータが多く、実測体温の方が主観的な感覚と適切に結び付きやすいと言える。

妥当性と信頼性が最も高い主観尺度について解析すると、図5、図6のとおり、口頭申告とRPEのデータは概ね帰直線に沿っているのに対し、身体VASに関しては、図7のとおり、実測体温においても枠で囲われた妥当性の低いデータが多いことが分かる。表5のとおり、相関係数はVASが最も低く、次いでRPEとなっており、口頭申告が最も高い値を示している。これらの結果から、10段階で評価する口頭申告が最も妥当性・信頼性が高いと言える。

#### 4 まとめ

3の結果から、暑熱条件下における本人の主観的評価と、測定器具を使用したバイタルサイン等の客観的指標の間には、相当のギャップがあることが確認できる。主観体温が38.5℃を越えていると感じていても主観尺度が満点でない被験者や、主観体温が38.5℃を超え、主観尺度が満点になっても運動をやめない被験者がいたことから、ギャップがあることを自覚していないことも分かる。

実験者によって運動を強制終了させられた被験者の主観体温は平均で38.1℃で、その時点の実測体温とは0.5℃以上の差がある。主観体温から計算すると、これらの被験者が自分の体温を38.5℃だと感じる際には、実際は39.5℃となり、約1℃の差がある。これまで分析してきたとおり、被験者には、自己の状態を実際の状態よりも楽に見積もり、まだ大丈夫・もっとやれると考える傾向がみられた。自由記述や、実験終了後の聞き取りでも、強制終了した被験者は「まだやれた」「現場ではもっときつい思いをしたことがある」としているが、この傾向は安全管理上好ましいものではない。

また、なかには、実験が進行するにしたがって各主観数値が下降した被験者もいた。聞き取り調査したところ「体調がきつくなってくると、『この程度で苦しくては駄目だ、もっとがんばらなければ』と思う。そのうち、本当にまだやれる気がしてくる」とのことであった。しかし、実際の体温と心拍数は上昇を続けており、極端な例では実測体温が38.7℃の時点での身体VASを7と回答したデータもある。こうした傾向は非常に危険である。3(3)でも述べたように、熱中症リスクが生命の危険をはらむ体温は40℃付近であり、熱中症の特徴に体温の急激な上昇があることから、実測体温が38.5℃付近になってきたところで、限界に近いことを主観的に適切に判断できるようになることが必要である。

なお、自己申告によって自発的に運動を終了した被験者は2名のみであるが、その実測体温は38.3℃と38.1℃

で、大幅に危険体温を下回っているわけではなく、安全管理上妥当と言える数値である。

図4のとおり、実測体温と主観体温は37℃付近を境に逆転し、37℃以下では高く見積もり、37℃以上では低く見積もる傾向があることが分かった。このことから、火災等での現場活動の初期段階は自己の状態を少しオーバーリアージしてきつく感じる一方、活動が一定時間経過し、体温が37℃を越えてくると、逆にアンダーリアージとなり、まだできると感じる傾向があると言える。

#### 5 おわりに

今回の実験で、強制終了させた被験者の多くは「まだまだ38.5℃には遠いと思う」と感じていた。38.5℃の状態を体感し、それを主観的な感覚と一致させることができれば、熱中症等の受傷事故の発生を防ぐことができるが、消防署所に勤務する職員に、学習としてそのような体験をさせることは、実際に熱中症に罹ってしまう危険が伴い、災害対応等の業務に支障をきたす恐れがあるため、現実的ではない。そこで、実際の体調と主観的な感覚を適切に結び付けるために、通常の勤務のなかで実施可能な方策について考察する。

本実験での被験者の感想に「普段、自分の体温や心拍数を数値としてイメージしないので、回答した主観体温と主観心拍数は根拠のない全くの推測であったが、この実験を何度か繰り返せば、実際の数値と主観数値のギャップが無くなっていく気がする」というものが多く寄せられた。この場合、重要な要素は①暑熱環境であること、②安静にしているときは異なる状態にあること、③自分の体温や心拍数を数値として推測すること、④推測した数値と、実測の数値のギャップを自覚すること、⑤④を繰り返し実施すること、の5つである。このことから、夏場等気温の高い状態で実施する通常の訓練や体力錬成の機会に、開始前や終了後等の適宜なタイミングで自己の体温、心拍数を主観的に推測した後、実際に測定し、そのギャップを自覚すること、それを繰り返すことで、そのギャップを埋めていくことが、安全管理方策のひとつとして有効であると考えられる。

また、その際に、3(4)のとおり今回の実験で最も妥当性が高い結果となった、口頭申告を活用することを提案する。通常の訓練時等、普段から口頭申告による隊員の安全管理を実施することで、その隊員の主観的な特性が把握しやすい。相当にきつい状態にあっても、低めに回答するような、必要以上に強がる隊員のことを把握できれば「この隊員の5は10と考えた方が良い」というような判断も可能である。そして、実災害の現場等で口頭申告に回答させることは、10段階のなかで自分がどの程度きつい状態にいるのかを考えさせることになり、使命感等から冷静さを欠いている場合には、落ち着かせる効果も期待できる。答えた数値が客観的なバイタルデータと比較的近似することは本検証の結果のとおりであり、実

測している余裕がない場合にも信頼性の高い主観数値として活用することが可能である。口頭申告の活用は、安全管理だけにとどまらない可能性がある。隊員が、フィードバックによって、自己の主観的な特性を理解できれば、体調に関してより適切な自己評価が可能となる。体調をオーバートリアージする隊員にとってはパフォーマンスアップにつながり、アンダートリアージする隊員にとっては受傷事故等の防止につながり、隊の活動能力の向上を図ることができると考えられる。

[参考文献]

- 1) 堀江正知：熱中症を防ごう 熱中症予防対策の基本、中央労働災害防止協会、2009
- 2) 坪倉正治：熱中症 Review Q&A でわかる熱中症のすべて、中外医学社、2012
- 3) 町田広重：消防活動における熱中症予防対策の研究、消防技術安全所報 37 号、110-120、1999
- 4) 森本武利：高温環境とスポーツ・運動 - 熱中症の発生と予防対策 -、篠原出版新社、2007
- 5) 森本武利：スポーツ医科学、杏林書院、1999
- 6) 近藤徳彦：体温 運動時の体温調整システムとそれを修飾する要因、ナッブ、2002
- 7) 栃原裕：人間の許容限界ハンドブック、朝倉書店、1990
- 8) 森本武利：からだと温度の事典、朝倉書店、2010
- 9) 小野寺孝一：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性- Rating of perceived exertion の観点から-、体育学研究 21(4)、191-203、日本体育学会、1976
- 10) 中山昭雄ほか：温熱生理学、理工学社、1981

# Relationship between Subjective Assessments and Objective Indicators in Summer Heat Conditions

Yoshihiko OGASAWARA\*, Takahisa SHINDO\*\*, Kenji SATO\*,  
Tsuguo GENKAI\*, Yuji KUMANO\*

## Abstract

Fire department members are the “protagonists” in controlling their own safety, and it is essential that they be able to reliably express their intentions to prevent heatstroke and other mishaps involving serious injuries. The Operational Safety Section’s past studies have confirmed that a person’s subjective assessments of his/her physical condition are not necessarily correct. So, we tested to see what relationship exists between a person’s subjective assessments and the objective indicators such as vital signs measured with devices in summer heat conditions with the goal of preventing heatstroke and contributing to fire department personnel’s safety management.

The study’s results confirmed that there are considerable gaps between a person’s subjective assessments and the objectively monitored indicators such as vital signs measured with devices in summer heat conditions. The belief is that knowing subjective assessments and measuring objective indicators to identify the gap and understand firefighters’ personal characteristics during regular training will help emergency responders prevent heatstroke accidents.

---

\*Operational Safety Section \*\*Ushigome Fire Station