

熱中症予防に対する飲料水の効果的な摂取方策に関する検証

鈴木 峻^{*}、清水 祐二^{**}、清水 鉄也^{**}

概 要

本検証では消防活動を模した運動を実施し、水分摂取量や飲料水の種類、運動前における水分摂取の有無による影響について検証を行い、熱中症予防に対する飲料水の効果的な摂取方策を示し、活動安全に資することを目的とした。防火衣を着装した被験者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。

その結果、飲料水の種類による比較では、運動中の生理学的指標に差が無かったが、飲みやすさに差があった。事前飲水すると外耳道温度や心拍数が抑制された。また自覚発汗量が過小評価されていた。これらのことから、事前飲水が望ましいこと、飲みやすいものを少量ずつこまめに摂取することが望ましいことが分かった。

1 はじめに

消防活動時や訓練時における飲料水の摂取については、こまめな水分補給が熱中症予防に効果的であること¹⁾や、体内水分貯蔵量の自己管理が重要であること²⁾が過去の研究において論じられている。しかし、日射環境下で防火衣等を着装した活動により、発汗することで失われる水分量は明らかになっていない。東京 2020 オリンピック・パラリンピック大会の期間中は過酷な暑さになることが予想され、夏季の暑熱環境下での飲料水の摂取は重要であり、失った水分量を効率的に補給できなければ、熱中症発症の危険性が高くなってしまう。

そこで、本検証では消防活動を模した運動を実施し、水分摂取量や飲料水の効果的な摂取方策を示し、活動安全に資することを目的とした。

2 検証方法

被験者に恒温恒湿室の前室で安静をとらせ体温及び心拍数を安定させた後、防火衣を着装させ、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た。運動が終了したら前室に戻し、15 分間の休息をとらせた後、再度試験室に移動させ、同様の運動を負荷した。飲料水の種類等を変え、運動中及び休息中の生理的、主観的指標を評価した。各被験者は 5 つの条件について順不同で実験を実施した。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た。

(1) 被験者

健康診断による就業区分が「W 1」（通常勤務可）に属

する消防技術安全所の消防司令補以下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を説明し、被験者となることの同意を得られた者（6 名）を被験者とした。被験者は年齢 35.2 ± 6.6 歳、身長 172.8 ± 4.4 cm であった。

(2) 日程

令和元年 10 月 16 日（水）から同年 11 月 27 日（水）まで

(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 32℃、湿度 60% とした。これは、東京の 2016 年から 2018 年までの 7・8 月の日最高気温の平均値 31.4℃を参考にした³⁾。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、太陽近似光を照射した。前室は室温を 25℃、湿度を 60% とした。これは、夏日とされる日の最高気温が 25℃以上であり、試験室との差異を室温のみに限定するためである。なお、試験室は壁一面から給気されており、被験者が運動する踏み台上はほぼ無風である。

(5) 運動条件

ア 運動負荷

恒温恒湿室の試験室にて、高さ 20 cm の踏み台で速さ 100bpm の昇降運動（写真 1）を 20 分間負荷した（以下「運

動①」という。)。その後、前室に戻し 15 分間の休息をとらせた後、試験室で再度同様の運動を 30 分間負荷した(以下「運動②」という。)。これは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⁴⁾を参考にした。



写真 1 運動中の様子

イ 運動中止基準

- (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) 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、主観的指標の値が 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 を超えた時点とした。

なお、予備検証の結果、外耳道温度が 39℃を超える可能性もあったため、外耳道温度が 39℃を超えた場合は他の基準を満たさなくても運動を中止させた。

(6) 着衣条件

執務服の上から防火マスク、長靴、防火衣、空気呼吸器、防火帽、災害現場用手袋の順で着装した。運動①は運動開始 5 分前、運動②は運動開始 2 分前に着装した。

なお、本検証では冷却ベストを着用せずに実験を行った。

(7) 休息条件

ア 休息時間

実災害時の休息時間を想定し、運動終了直後から椅坐位で 15 分間とした。

イ 休息中の着衣条件

運動終了直後に災害現場用手袋、防火帽、空気呼吸器、防火衣上衣、防火マスクを離脱した。

ウ 休息中の水分摂取

休息中の採血後（休息開始からおおむね 4 分後）に所定の飲料水を摂取した。

(8) 検証条件

検証条件は表 1、本検証で使用した飲料水の成分を表 2 に示す。各飲料水は前室で常温保存（25℃±1℃）し、水分摂取の直前にプラスチック製のコップにて被験者に提供した。水分摂取のタイミングは運動① 1 時間前、運動①直前、休息中、運動②終了後の合計 4 回とし、運動②終了後以外の各摂取量は 250mL ずつ、運動②終了後は冷水（6±1℃）を自由飲水とした。なお、自由飲水は容量 1,000mL のプラスチック製のボトルに冷水を入れ提供した。被験者

6 名のうち 3 名は全て午前、他の 3 名は全て午後に検証を実施し、食事に関しては、検証開始の 1 時間前までには食べ終わるように指示した。

表 1 検証条件

摂取条件	運動① 1 時間前	運動①直前 (1 分前)	休息中	運動② 終了後
水群	250mL	250mL	250mL	自由飲水 (冷水)
コーヒー群 (無糖ブラック)	250mL	250mL	250mL	
麦茶群	250mL	250mL	250mL	
スポーツ ドリンク群	250mL	250mL	250mL	
事前飲水 なし群	なし	なし	250mL	

表 2 各飲料水の成分（100mL あたり）

	成 分
水	エネルギー 0kcal、たんぱく質 0mg、脂質 0mg、炭水化物 0mg ナトリウム 1.13 mg、カルシウム 0.64 mg、マグネシウム 0.54 mg カリウム 0.18 mg
コーヒー	エネルギー 0kcal、たんぱく質 0mg、脂質 0mg、ナトリウム 0.2 mg、炭水化物 0~1000 mg、カフェイン 60 mg
麦茶	エネルギー 0kcal、たんぱく質 0mg、脂質 0mg、炭水化物 0mg ナトリウム 0.12 mg、マグネシウム 0.5 mg、亜鉛 0~0.01 mg カリウム 12 mg、リン 1.3 mg、マンガン 0~0.01 mg、カフェイ ン 0 mg
スポーツ ドリンク	エネルギー 28.8kcal、たんぱく質 0mg、脂質 0mg 炭水化物 7,300 mg、ナトリウム 52 mg、カルシウム 2.2 mg マグネシウム 0.6 mg、カリウム 21.4 mg

(9) 測定項目

ア 運動時間

運動時間は卓上型デジタル時計 wave ceptor ID-52J（カシオ社製）を使用し、時間管理した。

イ 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、式

（1）により 1 分あたりの推定発汗量を算出した。

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）－水分摂取量（L））}／運動①開始から運動②終了までの時間（m）×1,000 （1）

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、写真 2）を使用し、測定した。耳栓型温度センサー 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。

エ 心拍数

心拍数は心拍数計 RS800CX（ポラール社製、写真 4 右）を使用し、測定した。測定器 WearLink w.i.n.d（ポラール社製、写真 4 左）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 血糖値

血糖値は採血用穿刺器具ナチュラレット EZ（アークレイマーケティング社製、写真5）を使用し、指尖部に自ら穿刺し、血糖測定器 Accu-Chek Aviva（ロシュ DC ジャパン社製、写真6）で測定した。測定は運動①1時間前、休息中、運動②終了後に実施した。

カ 血中電解質濃度

血中電解質濃度は採血用穿刺器具ナチュラレット EZ を使用し、指尖部に自ら穿刺し、電解質 Na, K 専用測定器 Fingraph（テクノメディカ社製、写真7）で測定した。測定は運動①1時間前、休息中、運動②終了後に実施した。

キ 尿比重

尿比重は紙コップで採尿し、ポケット尿比重屈折計 PAL-09S（アタゴ社製、写真8）で測定した。測定は検証前及び検証後とした。



写真2 高機能温度計



写真3 耳栓型温度センサー



写真4 心拍数計



写真5 採血用穿刺器具



写真6 血糖測定器



写真7 電解質測定器



写真8 尿比重計

ク 主観的指標

主観的指標は Visual Analogue Scale（以下「VAS」という。）法にて、口渇感及び身体的負担について、運動中に運動開始から5分毎及び終了時に測定した。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」とした場合、測定時に被験者が感じた口渇感や身体的負担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。

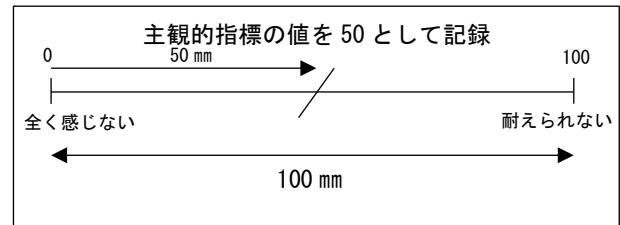


図1 VASの例

ケ 自由飲水量

デジタルスケール KS-234（ドリテック社製）を使用し、冷水が入ったボトルの重さを飲水前後に測定し、式（2）により算出した。

自由飲水量＝飲水前のボトルの重さ（g）－飲水後のボトルの重さ（g） （2）

コ 水分補給率

水分補給率は式（3）により算出した。
水分補給率＝全飲水量(L)／推定発汗量(L) （3）

サ 質問紙調査

質問紙にて、飲水の量的感覚や飲みやすさ、自覚発汗量等について各検証終了後に調査した。

(10) 統計に基づく分析

分析に使用した統計検定法は表3に示す。統計ソフトは IBM SPSS Statistics Version21 を使用し、自由記述にあつては KH Coder (2.00f) を使用した。なお、有意確率 1 % 及び 5 % を統計学的に有意とし、有意確率 10 % を統計学的に有意傾向とした。

表3 使用した統計検定法

検定項目	検定法
運動時間	一要因分散分析（対応あり） 多重比較（Bonferroni 法）
推定発汗量	又は t 検定（対応あり）
外耳道温度	
心拍数	
血糖値	二要因分散分析（対応あり） 多重比較（Bonferroni 法）
血中電解質濃度	
尿比重	
主観的指標	
質問紙調査（各項目）	一要因分散分析（対応あり） 多重比較（Bonferroni 法） 又は t 検定（対応あり）
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）

3 結果

各項目の測定結果については、被験者6名のものとし、平均値±標準偏差とする。なお、各項目の平均値の比較は、飲料水の種類と事前飲水の効果を明確にするため、水群、コーヒー群、麦茶群、スポーツドリンク群の4群（以下「種類別」という。）と、水群、事前飲水なし群の2群（以下「事前飲水有無別」という。）に分け、分析した。以下、図中の n. s. は有意差なし、**は有意確率1%水準、*は有意確率5%水準、†は有意確率10%水準であることを表す。

(1) 運動時間

運動②の運動時間を図2、3に示す。被験者6名のうち、運動②を完遂した者は水群で3名、コーヒー群で3名、麦茶群で3名、スポーツドリンク群で2名、事前飲水なし群で2名であった。運動を中止した基準について、水群では外耳道温度が38℃及び心拍数が180bpmに達した者が1名、外耳道温度が38℃及び主観的指標の値が一定値に達した者が1名、外耳道温度が39℃に達した者が1名だった。コーヒー群では、外耳道温度が38℃及び心拍数が180bpmに達した者が2名、外耳道温度が38℃及び主観的指標の値が一定値に達した者が1名だった。麦茶群では、外耳道温度が38℃及び心拍数が180bpmに達した者が2名、外耳道温度が38℃及び主観的指標の値が一定値に達した者が1名だった。スポーツドリンク群では、外耳道温度が38℃及び心拍数が180bpmに達した者が4名だった。事前飲水なし群では、外耳道温度が38℃及び心拍数が180bpmに達した者が3名、外耳道温度が38℃及び主観的指標の値が一定値に達した者が1名だった。運動時間について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。

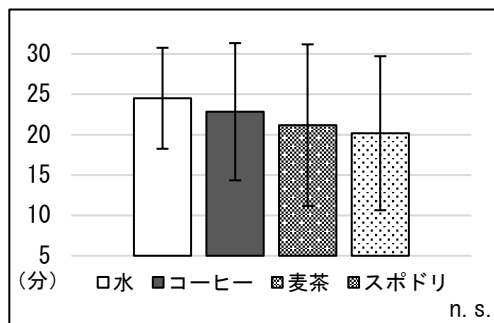


図2 運動時間（種類別）

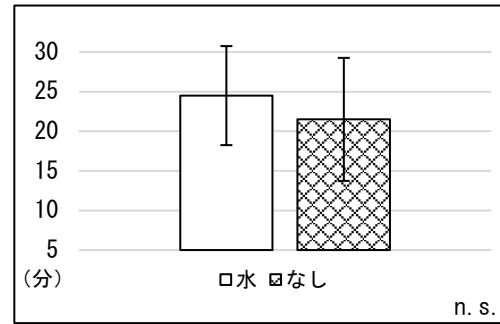


図3 運動時間（事前飲水有無別）

(2) 推定発汗量

1分あたりの推定発汗量を図4、5に示す。推定発汗量について、種類別では有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で有意な差が認められ、水群の方が多かった（水群 25.68±8.37mL/m、事前飲水なし群 22.29±7.42 mL/m）。

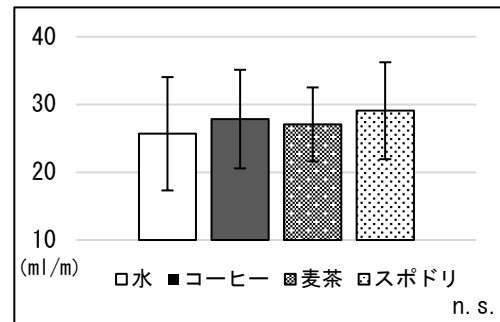


図4 推定発汗量（種類別）

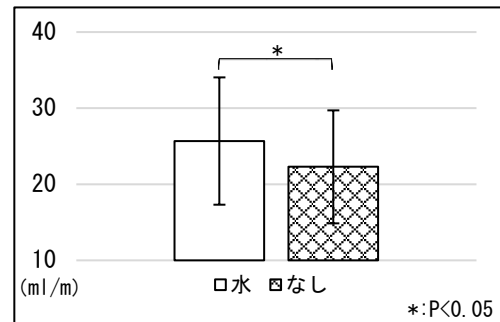


図5 推定発汗量（事前飲水有無別）

(3) 外耳道温度

運動①及び運動②においてはそれぞれの運動開始時を基準に、休息においては休息開始時を基準にした外耳道温度変化を図6、7に示す。外耳道温度について、種類別では有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別の運動①で有意な差が認められ、水群の方が上昇抑制した（水群 1.35±0.26℃、事前飲水なし群 1.43±0.30℃）。

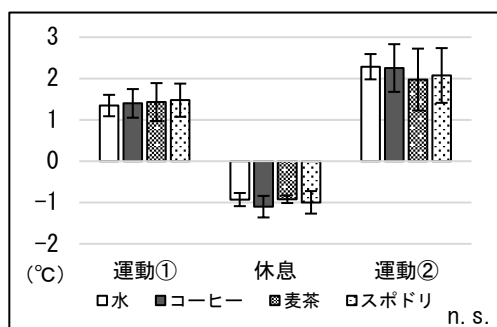


図6 外耳道温度変化値（種類別）

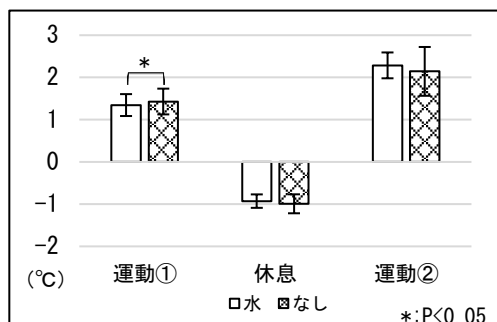


図7 外耳道温度変化値（事前飲水有無別）

(4) 心拍数

運動①、休息及び運動②のそれぞれの平均心拍数を図8、9に示す。心拍数について、種類別では有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で有意な差が認められ、水群の方が低かった。

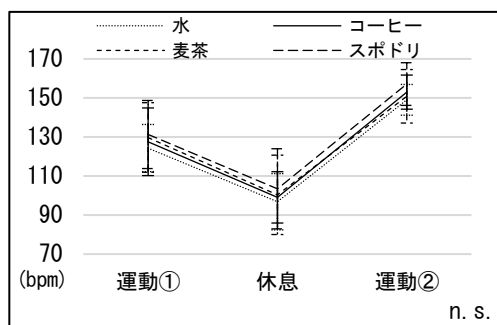


図8 心拍数（種類別）

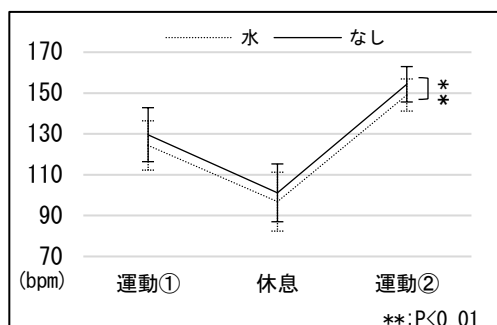


図9 心拍数（事前飲水有無別）

(5) 血液成分（血糖値、血中電解質濃度）

血糖値を図10、11、血中Na濃度を図12、13、血中K濃度を図14、15に示す。血糖値、血中Na濃度及び血中K濃度について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。

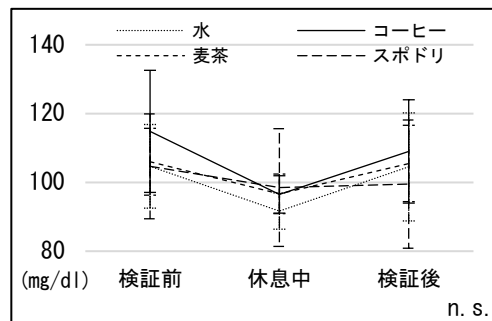


図10 血糖値（種類別）

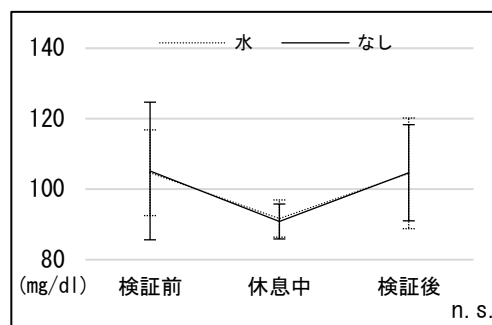


図11 血糖値（事前飲水有無別）

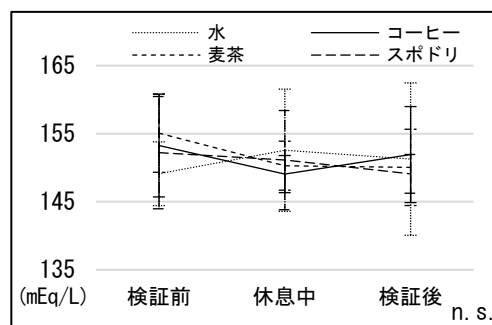


図12 血中Na濃度（種類別）

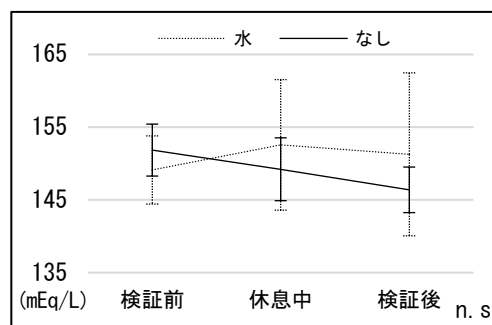


図13 血中Na濃度（事前飲水有無別）

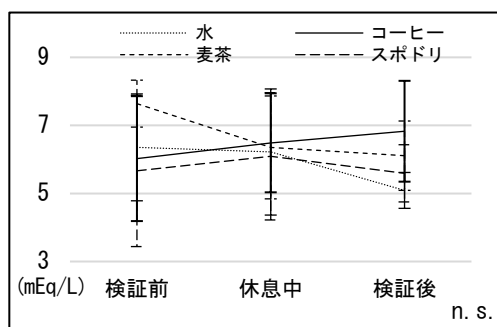


図 14 血中K濃度（種類別）

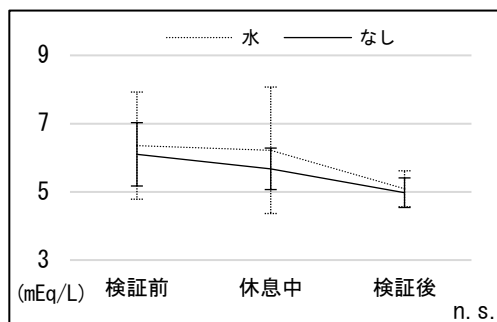


図 15 血中K濃度（事前飲水有無別）

(6) 尿比重

尿比重を図 16、17 に示す。尿比重について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。

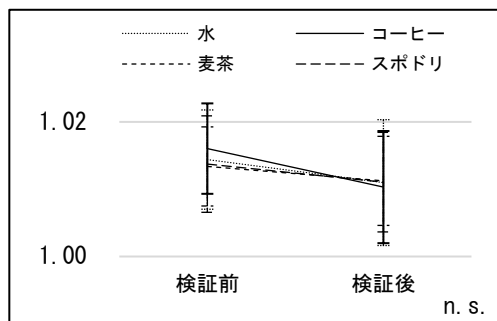


図 16 尿比重（種類別）

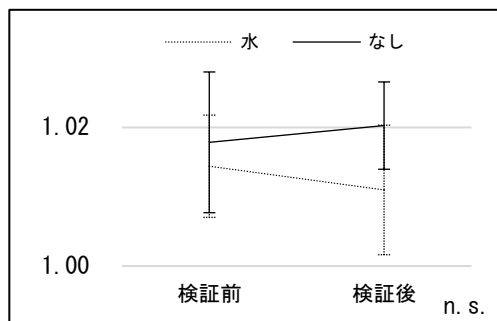


図 17 尿比重（事前飲水有無別）

(7) 主観的指標

口渇感に関する主観的指標を図 18、19、身体的負担に関する主観的指標を図 20、21 に示す。口渇感及び身体的負担について、種類別では有意な差は認められなかったが、口渇感について、事前飲水有無別で有意な傾向が認められ、水群の方が軽減した。

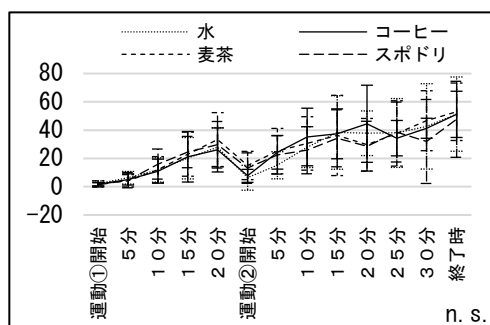


図 18 口渇感（種類別）

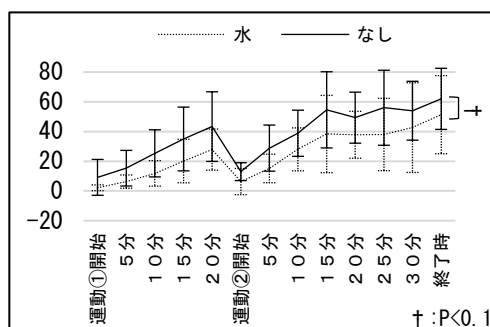


図 19 口渇感（事前飲水有無別）

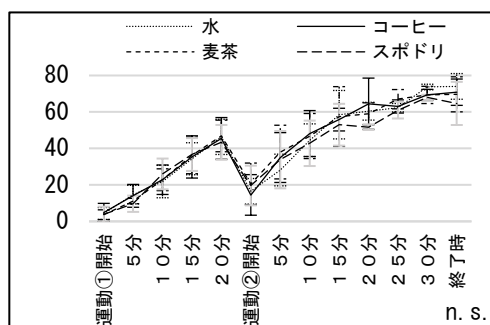


図 20 身体的負担（種類別）

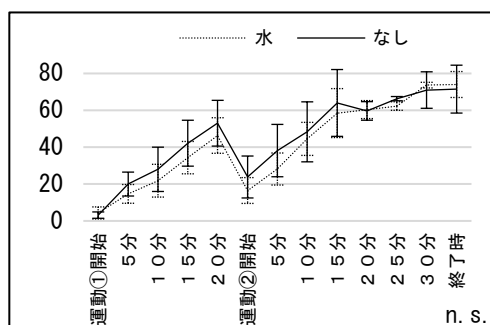


図 21 身体的負担（事前飲水有無別）

(8) 自由飲水量

自由飲水量を図 22、23 に示す。自由飲水量について、種類別では有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で有意な差が認められ、事前飲水なし群の方が多かった（水群 0.31 ± 0.06 kg、事前飲水なし群 0.45 ± 0.09 kg）。

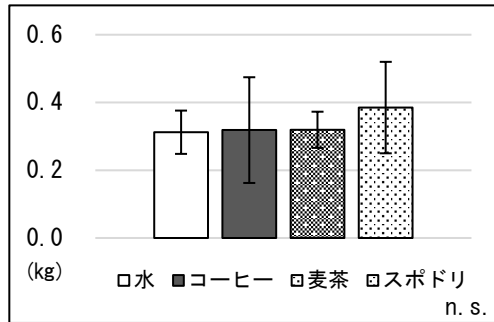


図 22 自由飲水量（種類別）

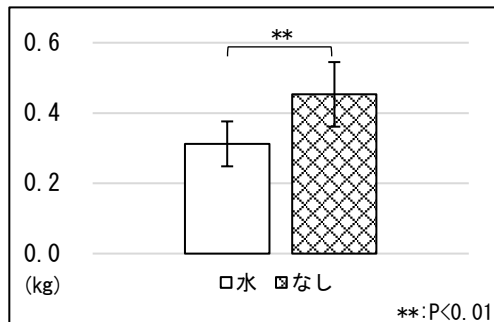


図 23 自由飲水量（事前飲水有無別）

(9) 水分補給率

水分補給率を図 24、25 に示す。水分補給率について、種類別では有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で有意な差が認められ、水群の方が高かった（水群 0.75 ± 0.20 、事前飲水なし群 0.60 ± 0.14 ）。

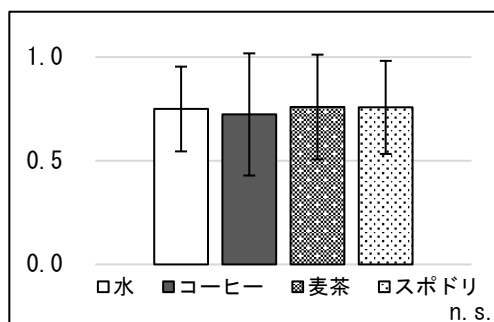


図 24 水分補給率（種類別）

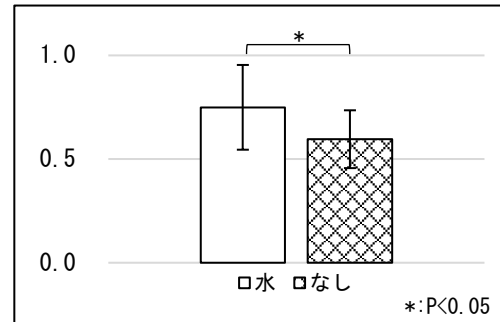


図 25 水分補給率（事前飲水有無別）

(10) 質問紙調査

ア 質問項目

ア) 飲水の量的感覚について

検証中に摂取した飲水量が適量であったか、「非常に少ない（1点）」から「非常に多い（7点）」の7件法（1点単位）で尋ねた。飲水の量的感覚の結果を図 26、27 に示す。種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別において、有意な差が認められ、事前飲水なし群で低かった（水群 4.50 ± 0.55 点、事前飲水なし群 2.33 ± 0.52 点）。

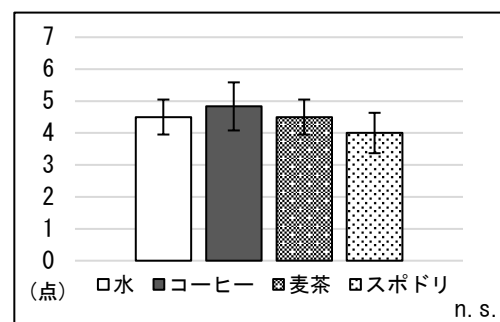


図 26 飲水の量的感覚（種類別）

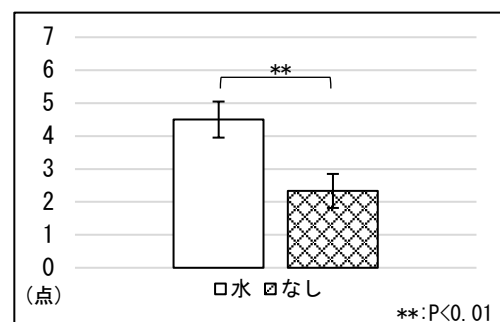


図 27 飲水の量的感覚（事前飲水有無別）

イ) 飲みやすさについて

飲料水の飲みやすさについて、「非常に飲みにくい（1点）」から「非常に飲みやすい（7点）」の7件法（1点単位）で尋ねた。飲みやすさの結果を図 28、29 に示す。種類別において、有意な差が認められ、水、コーヒー及び麦茶よりスポーツドリンクの方が飲みやすく、コーヒ

一より麦茶の方が飲みやすかった（水群 2.83 ± 0.41 点、コーヒー群 2.00 ± 0.89 点、麦茶群 3.83 ± 1.32 点、スポーツドリンク群 6.17 ± 1.17 点）。事前飲水有無別では、有意な差は認められなかった。

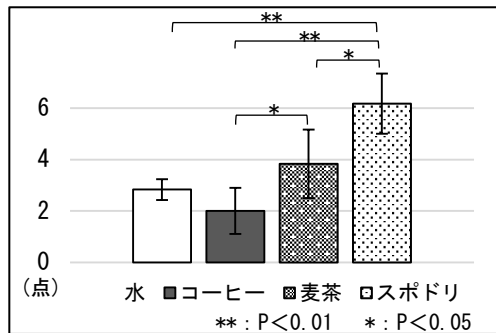


図 28 飲みやすさ（種類別）

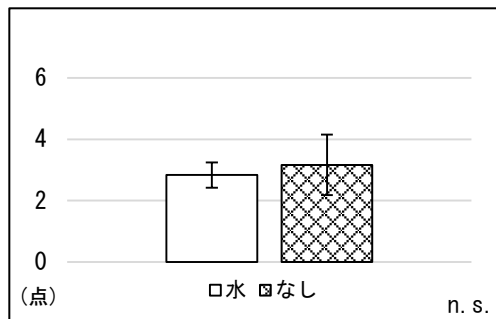


図 29 飲みやすさ（事前飲水有無別）

(ウ) 自覚発汗量について

検証中に自分がどの程度汗をかいたか、記述式で尋ねた。自覚発汗量の結果を図 30、31 に示す。種類別及び事前飲水有無別で、有意な差は認められなかった。

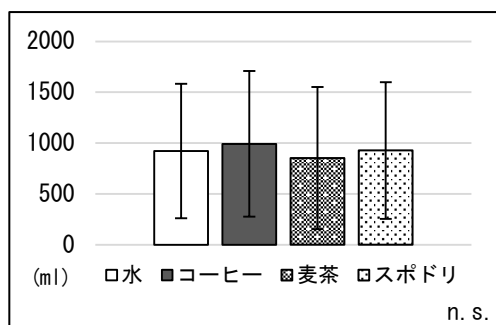


図 30 自覚発汗量（種類別）

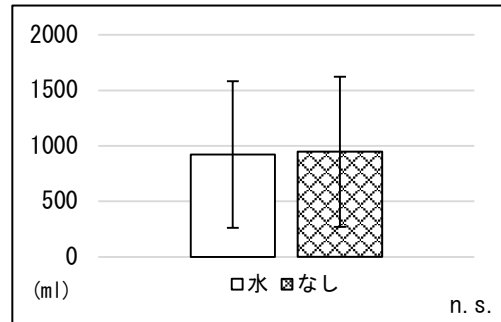


図 31 自覚発汗量（事前飲水有無別）

(エ) 自覚運動継続可能時間について

運動終了後に、どの程度運動継続が可能だったか、記述式で尋ねた。自覚運動継続可能時間の結果を図 32、33 に示す。種類別において、水群及びコーヒー群よりスポーツドリンク群の方が長かった（水群 2.17 ± 1.94 分、コーヒー群 3.67 ± 3.83 分、スポーツドリンク群 9.17 ± 3.76 分）。事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。

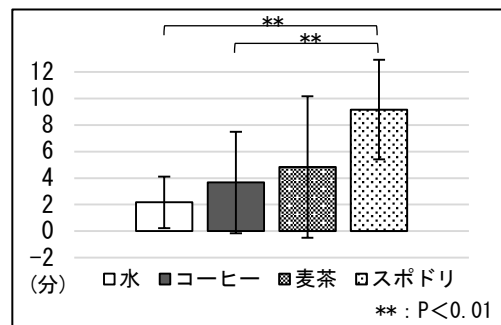


図 32 自覚運動継続可能時間（種類別）

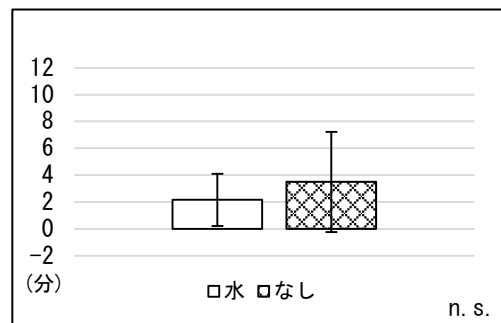


図 33 自覚運動継続可能時間（事前飲水有無別）

(オ) 口渇感の発現時間について

各運動を開始して、口渇感が発現した時間について、記述式で尋ねた。口渇感の発現時間の結果を図 34 から図 37 に示す。種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。

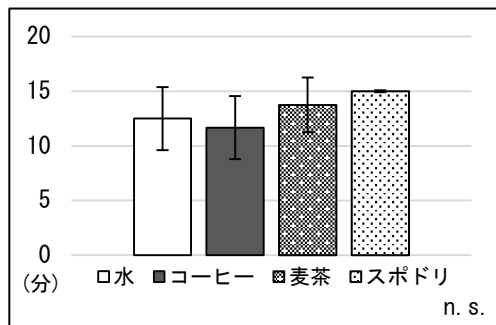


図 34 運動①の口渴感発現時間（種類別）

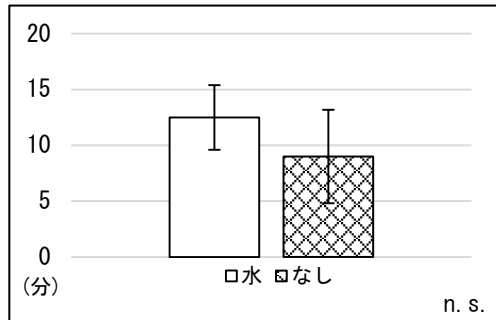


図 35 運動①の口渴感発現時間（事前飲水有無別）

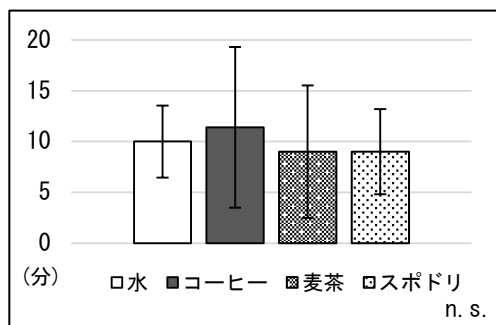


図 36 運動②の口渴感発現時間（種類別）

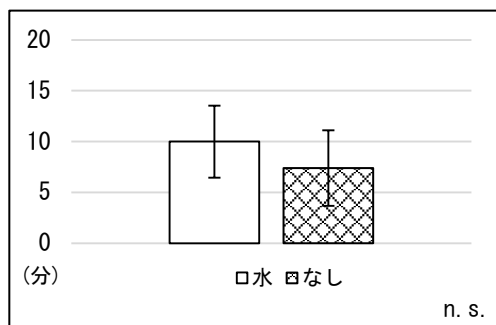


図 37 運動②の口渴感発現時間（事前飲水有無別）

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。共起ネットワーク図を図 38 から図 42 に示す。

水群では、味がなくて飲みにくい、多く飲むのは厳しい、身体を冷やしたいという意見が挙げられていた。コーヒー群では、胃や腸を通過する時間が長い、水分摂取には不向き、一度に飲むには多いという意見が挙げられていた。麦茶群では、水と比べると飲みやすい、少し糖分がほしい、一気に飲めないという意見が挙げられていた。スポーツドリンク群では、胃の通過時間が他の条件に比べて優れていて運動に集中できる、楽に感じるという意見が挙げられていた。事前飲水なし群では、事前飲水しないと暑く感じる、運動前に飲みたい、喉が渴いていてもたくさん飲む気にならない、喉が渴くのが早いという意見が挙げられていた。

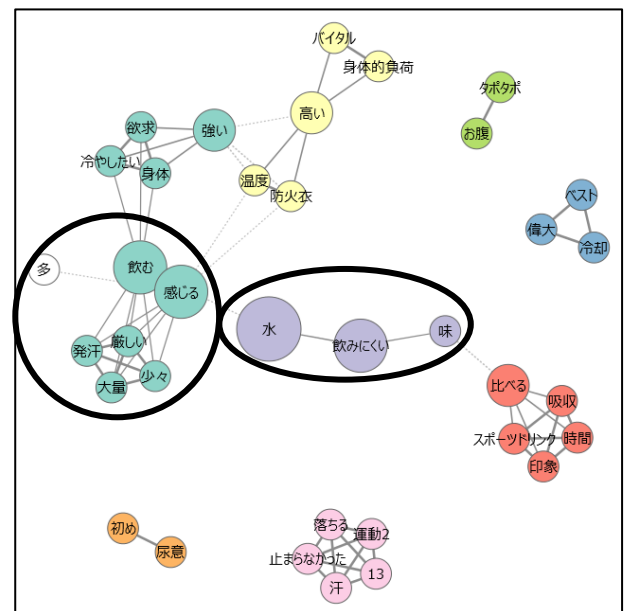


図 38 共起ネットワーク図（水群）

イ 自由記述

検証条件ごと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。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

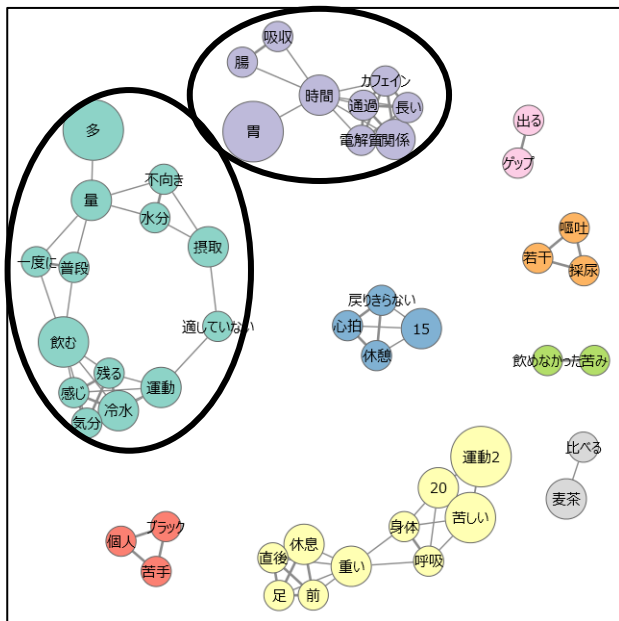


図 39 共起ネットワーク図（コーヒー群）

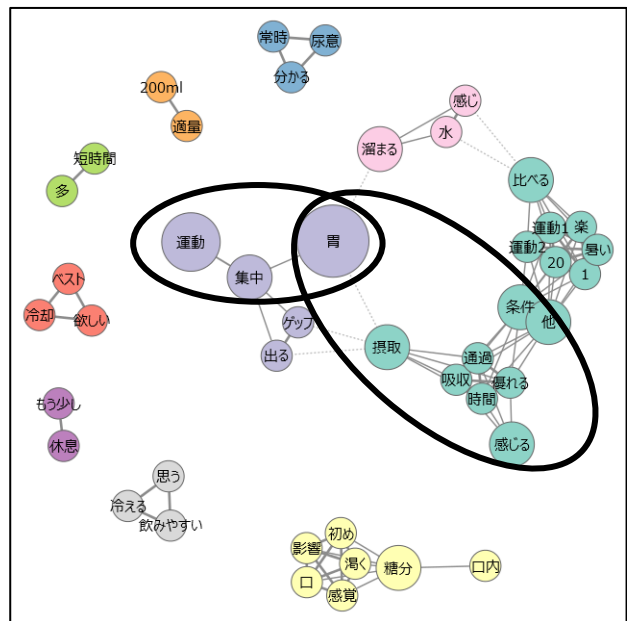


図 41 共起ネットワーク図（スポーツドリンク群）

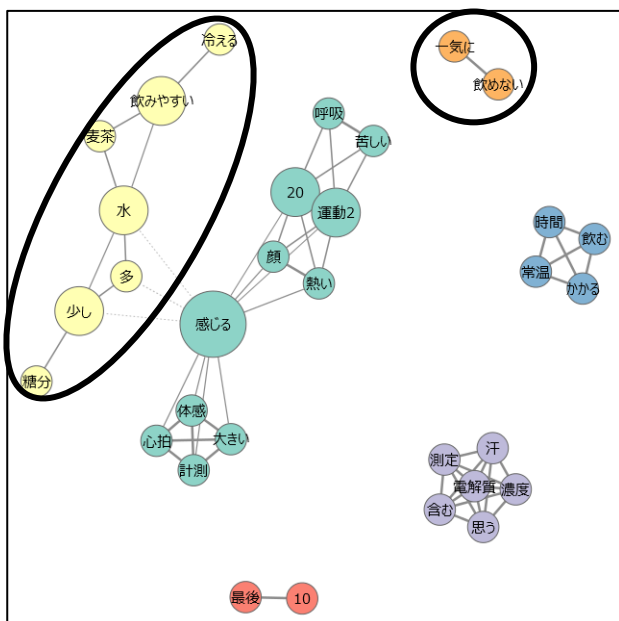


図 40 共起ネットワーク図（麦茶群）

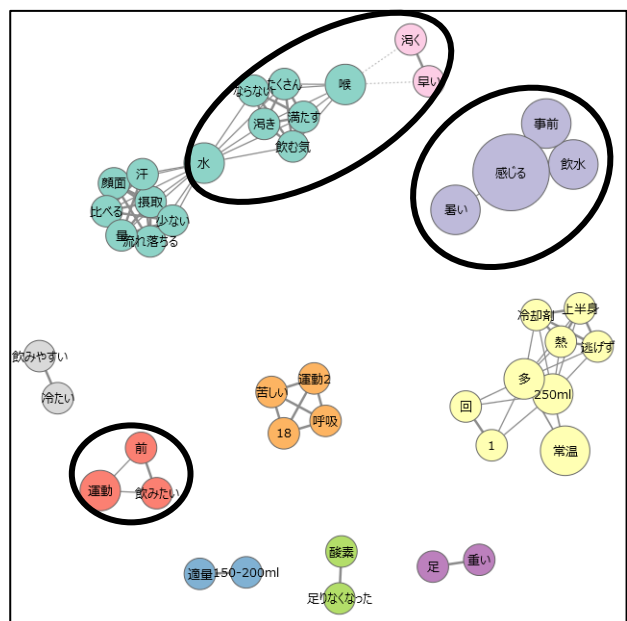


図 42 共起ネットワーク図（事前飲水なし群）

4 考察

(1) 運動時間

運動②の運動時間について種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。運動開始前の深部体温が高いほど運動時間は短くなる⁵⁾。また、運動を中止した者は全て、外耳道温度が38℃以上に達した。本検証では常温の飲料水を使用しており、飲料水の温度と体温とは10℃以上異なるが、飲料水の種類別及び事前飲水の有無別で運動開始前や運動中の深部体温への影響は同等であったと考えられる。

(2) 推定発汗量

推定発汗量について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別において、水群の方が多かった。発汗の役割の1つは、運動によって産生された熱を身体外部へ放散することである。低血液量が発汗量を抑制する⁶⁾ことから、事前飲水なし群は水群と比較し、血液量が少なく、産生された熱も放散されにくいと考えられる。

(3) 外耳道温度

外耳道温度について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で運動①において、水群の方が上昇を抑制した。事前飲水することで血液量の減少を抑制し、発汗量を減少させることなく、産生された熱を放散したと考えられる。

(4) 心拍数

心拍数について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で水群の方が上昇を抑制した。運動中の体内の水分量の不足が心拍数を高める⁷⁾ことから、事前飲水しないことで、体内の水分量が不足していたと考えられる。

(5) 血液成分（血糖値、血中電解質濃度）

血糖値及び血中電解質濃度について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。スポーツドリンクでは糖分や電解質を補給しているが、数値としての変化は確認できなかった。飲料水の温度は5℃から15℃が望ましく、冷たい方が胃から小腸への移動は早い⁸⁾。本検証では常温であったため、小腸への移動が遅延し吸収しているが微量であった、あるいは、細胞に取り込まれていたため、血液中での数値の変化が見られなかったと考えられる。

(6) 尿比重

尿比重について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。尿比重の基準値は1.009～1.025であり、高いと脱水症や糖尿病等、低いと腎不全や尿崩症等が疑われる。どの検証条件も尿比重に影響を与えなかったと考えられる。

(7) 主観的評価

ア 口渇感

口渇感について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で水群の方が抑制した。口渇感は体温上昇及び発汗量の増加による脱水の程度を反映している⁹⁾。本検証では、1分あたりの推定発汗量は水群の方が多かったが、事前飲水をしないことで運動開始時の体内の水分量は水群と比べて少なく、脱水の程度は高かったと考えられる。

イ 身体的負担

身体的負担について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。本検証の生理的指標等から、事前飲水有無別で事前飲水なし群の方が身体的負担は大きいと推測できるが、主観的な身体的負担は水群と同等であった。また、検証条件に関わらず身体的負担は経時的に増

大していったことから、飲料水の種類及び事前飲水の有無に関わらず、夏季における消防活動は過酷であると考えられる。

(8) 自由飲水量

自由飲水量について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で事前飲水なし群の方が高かった。事前飲水なし群は運動終了までに摂取した飲水量は水群と比較し、0.5 kg少ない。その分、脱水が進行し、自由飲水量が増加したと考えられる。しかし、自由飲水量の差は0.14 kgであり、水群に比べ0.36 kgの水分量が不足していたことが確認できた。

(9) 水分補給率

水分補給率について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で水群の方が高かった。運動②後の自由飲水量では事前飲水なし群の方が多かったが、一度に飲める量には限界があり、胃の膨満感等により事前飲水しなかった500mL分は補給できなかったと考えられる。

(10) 質問紙調査

ア 質問項目

ア) 飲水の量的感覚

飲水の量的感覚について、種類別で有意な差は認められなかったが、事前飲水有無別で事前飲水なしが低かった。被験者は運動②後の自由飲水で口渇感が満たされるまで飲水しているが、膨満感もあり、十分に補給できていないことを自覚していたと考えられる。

イ) 飲みやすさ

飲みやすさについて、スポーツドリンクが他の飲料水より飲みやすく、麦茶はコーヒーより飲みやすかった。本検証では、与えた飲料水を残さず飲んでもらった。しかし、自由飲水にした場合、飲みにくいものは飲水量が減少し、体内の水分量が確保できず、脱水が進行してしまうと考えられ、飲みやすさは水分摂取にとって、重要な要因と考えられる。

ウ) 自覚発汗量

自覚発汗量について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。被験者が自覚している発汗量の平均値では1,000mLを超えていないが、実際に運動①開始から運動②終了までの発汗量は1,000mLを超えていた。自覚発汗量と実際の発汗量の差は被験者によって異なるが、最大で約1,100mLも差があり、ほとんどの被験者が自覚発汗量を過小評価していることが分かった。被験者は普段の訓練や運動等で体重減少を把握していないと考えられる。

エ) 自覚運動継続可能時間

自覚運動継続可能時間について、種類別で水群及びコーヒー群よりスポーツドリンク群の方が長かった。外耳道温度や心拍数等の生理的指標は飲料水の種類に関わらず同等であったことから、「スポーツドリンクは運動時に飲むもので、発汗等で失った水分を補給するのに適している」という先入観があったと考えられる。

(オ) 口渇感の発現時間

運動①及び運動②における口渇感の発現について、種類別及び事前飲水有無別で有意な差は認められなかった。どの条件も10分前後で口渇感が発現していることから、夏季において、防火衣を着装した訓練や災害活動を行うと10分程度で口渇感が発現すると考えられる。

イ 自由記述

群別では、それぞれの飲料水の特徴が表れているが、一度に飲む量として250mLは多いという意見は共通していた。一般に勧められている補給の方法は、冷やした飲料水を少量ずつ（1回150mLから250mL）、頻回にとることとされている¹⁰⁾。しかし、災害活動では状況によって飲料水を頻回にとることができない可能性もあり、一度にある程度多い量の飲料水を飲むことが必要な場合もあると考えられる。

5 おわりに

本検証では、飲水量、飲料水の種類及び運動前における水分摂取の有無による影響について検証した。その結果、常温の飲料水を同じ量摂取した場合、身体に与える影響は同等であった。また、事前飲水した方が身体的、主観的に良い評価であった。しかし、飲料水の種類による飲みやすさも水分摂取には重要な要因であった。本検証では、飲料水の種類に関わらず、1回の飲水量を250mLに設定（自由飲水は除く）し、被験者に残さず飲んでもらった。本来、飲みにくい飲料水では運動前後や休息中に摂取しても飲水量が確保できず、失った体内水分量を十分に補給することは困難である。訓練や災害活動の前後、休息中には飲みやすいものを摂取することが望ましい。また、本検証では1回の飲水量は250mLであったが、質問紙調査では量が多いという意見が散見された。一度に大量の水分を摂取すると、胃の膨満感や腹痛をもたらす、運動に悪影響をもたらす可能性がある。また、飲料水は冷たい方が胃から小腸への移動が早いことから、効率的に水分を補給するには冷やした飲料水を1回150mLから250mL、運動や訓練前からこまめに摂取することが望ましい。

本検証は、飲料水の摂取方策に関する検証であったが、検証のデータから、自覚発汗量を過小評価する傾向があることがわかった。活動や訓練等における自己の発汗量を把握し発汗量に見合った水分量を補給することが重要であると考えられる。飲料水の種類にあつては、胃から小腸への移動時間、小腸での吸収時間を考慮すると、発汗を伴わない場合は体液と浸透圧が等しいアイソトニック（等浸透圧）飲料であるスポーツドリンクを冷やして摂取することが望ましいと考えられる。また、発汗を伴う場合は体液よりも浸透圧が低く、水分と電解質の吸収が早いハイポトニック（低浸透圧）飲料を冷やして摂取することが望ましいと考えられる。

[参考文献]

- 1) 三野正浩ほか3名：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、消防技術安全所報45号、pp.79-83、2007
- 2) 芳田哲也：体液、森本武利監修 高温環境とスポーツ・運動、篠原出版新社、pp.15-18、2007
- 3) 国土交通省・気象庁ホームページ、観測開始からの毎月の値、<https://www.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly>
- 4) 山本陽太ほか5名：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、消防技術安全所報47号、pp.45-52、2009
- 5) 長谷川博：運動の限界―体温と疲労―、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、pp.514-515、2012
- 6) 近藤徳彦：運動と熱の放散、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、pp.493-495、2012
- 7) 山地啓司：こころとからだを知る心拍数、杏林書院、p.48、2013
- 8) 寄本明：水分補給の目安、森本武利監修 高温環境とスポーツ・運動、篠原出版新社、pp.82-84、2007
- 9) 寄本明：スポーツ・運動時の口渇感、森本武利監修 高温環境とスポーツ・運動、篠原出版新社、p.41、2007
- 10) 朝山正己：運動時の水分補給、彼末一之監修 からだと温度の事典、朝倉書店、pp.500-501、2012