

消防活動時等の効果的なエネルギー補給に関する検証

赤野 史典*, 細谷 昌右*, 高井 啓安**, 山口 至孝*,
小堀 百合子*, 千葉 博***

概要

消防活動現場及び訓練におけるエネルギー補給に着目し、消防職員に適した補給食の摂取方策について検証することを目的とした。

被検者に対して、消防活動と同程度の負荷となるような運動を実施させ、途中で補給食（水、栄養補助飲料、栄養補助食品、インスタントラーメン）を摂取させた。この時の生理的指標、主観的評価を測定し、アンケート調査を実施したところ、補給食の品目の違いにより血糖値の変化に差異が確認でき、主観的評価及びアンケートの回答に異なる傾向が見られた。

これらの結果から、補給食の摂取後の活動（運動強度、時間）を考慮し、適した品目を選択することが重要であることがわかった。

1 はじめに

消防活動や訓練中における集中力の低下、体力の消耗、身体的負担等の管理は、警防力の維持や受傷事故の未然防止を図る上で重要であり、消防活動現場においては、休憩や補給食の摂取等により適宜対応がとられているところである。効果的なエネルギー補給を行うことができれば、隊員の疲労軽減及び集中力の維持・回復に寄与し、消防職員の受傷事故件数の減少に繋がるものと推測される。しかしながら、補給食の品目毎の特性や効果的な摂取方策についての検証はされていない。

そこで本検証では、平成22年度検証課題の「消防隊員のための効果的な栄養摂取に関する検証」¹⁾を踏まえ、消防活動現場及び訓練におけるエネルギー補給に着目し、即効性及び簡便性の面から消防職員に最も適した補給食の摂取方策について検証することを目的とした。

2 方法

(1) 日時

平成24年1月24日（火）～2月24日（金）

(2) 場所

消防技術安全所2階 恒温恒湿室

(3) 被験者

平成23年度の成人国民体力測定結果が「B」以上の、東京消防庁職員6名とした。被験者に対し、事前に十分な説明を行い、検証に関して同意・承諾を得た上で実施した。

なお、被検者には喫煙習慣及び何らかの投薬や治療を受けている者は含まれていない。被検者の特性については、次のとおりである。（平均±標準偏差）

年齢（歳）	37±5
身長（cm）	172±9
体重（kg）	70±10
BMI（kg/m ² ）	24±3

(4) 検証方法

検証デザインは、被検者が4種類の補給食のうち無作為な順序で一つを、同一時刻（午前9時30分）から開始する検証プロトコル中に摂取し、ウォッシュアウト期間（3日以上）を設けながら、それぞれ合計4回実施する、ランダム化クロスオーバー試験とした。

各被検者には、検証前日午後9時以降のアルコール・カフェイン食品類の摂取を避けること、検証当日は検証プロトコル開始3時間以前に食事（指定したバランス栄養食品、半包または1包。計4回の実験を通じて同じ量とする。）を完了すること、検証プロトコル開始1時間前からの水分摂取を制限することを依頼した。

検証プロトコルは表1に示す。被検者に対して、運動①（40分）、休憩①（30分）、運動②（20分）、休憩②（60分）を連続して行わせた。運動①②は、恒温恒湿室（気温16度、湿度60%/東京の過去30年間の平均²⁾を参考に設定）内で、防火装備を完全装着させた被検者に対して、消防活動と同程度の負荷となるような運動（踏み台昇降運動、高さ20cm、100回/分）をさせた。（写真1）

*活動安全課 **清瀬消防署 ***装備安全課

休憩①で補給食（4種類のうち1種類）と水（550mL）を摂取させ、休憩②でさらに水（550mL）のみを摂取させた。測定開始から0（Ⅰ）、40（Ⅱ）、70（Ⅲ）、90（Ⅳ）、150（Ⅴ）分時に生理的指標、身体的パフォーマンス検査、主観的評価を測定した。休憩①中、補給食を摂取した直後に、補給食に関するアンケート調査を実施した。また同様に、休憩①中の水分摂取の際に、被験者が「もう十分」と感じる時点までに摂取した水分の摂取量を、自発的水分要求量として測定した。

同一の被験者に対し、測定から3日以上間隔をあけた後に、休憩①で摂取する補給食の摂取品目を無作為に変え、同様の検証プロトコルを計4回繰り返し行った。

得られた結果は、統計分析ソフト（R2.8.1/R Development Core Team）を使用して統計学的に比較（反復測定の一元配置分散分析で有意性を確認後、各条件間についてHolm法にて多重比較を実施、有意水準 $p < 0.05$ ）し、補給食摂取の効果を評価した。

(5) 測定項目及び測定機器

ア 生理的指標：心拍数（コードレス心拍計チームポラール/ポラール社）、衣服内温湿度（ハイグロクロン/KNラボラトリーズ社）、体重（インナースキャン50/タニタ社）、体温（鼓膜温計/オムロン社）、血中乳酸濃度（アキュチェック/ロシユ社）、血糖値（ラクテートプロ/アークレイ社）、唾液アミラーゼ活性（唾液アミラーゼモニター/ニプロ社）

イ 身体的パフォーマンス検査：全身反応テスト（全身反応測定器 T.K.K. 5108 / 竹井機器社）

ウ 主観的評価：Visual Analogue Scale 検査法（以下「VAS」という。）で、疲労感、温熱快感、口渇感等

エ 補給食に関するアンケート調査：質問紙調査法にて、食べ易さ、美味しさ等

(6) 摂取品目

検証中に摂取させた補給食の品目については、実際に当庁の補給車に積載し消防活動現場にて提供されているものから選定し、水、栄養補助飲料（以下「ゼリー」という。）、栄養補助食品（以下「カロリーメイト」という。）、インスタントラーメン（以下「カップ麺」という。）とした。休憩①における、補給食の摂取品目（摂取条件）は4通りとし、「水のみ」、「ゼリーと水」、「カロリーメイトと水」、「カップ麺と水」とした。各品目の特性については表2のとおりである。



写真1 検証中の様子

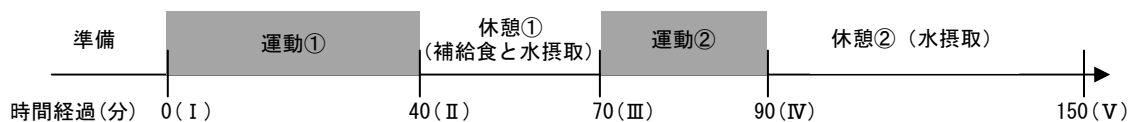


表1 検証プロトコル

品目	水(ペットボトル1本)	ゼリー	カロリーメイト(1包)	カップ麺
重量	550g	180g	40g	200g(スープ含む)
エネルギー(熱量)	—	180kcal	200kcal	269kcal
炭水化物	—	45g	20g	35g
脂質、タンパク質	—	0g、0g	11g、4g	11g、8g
主な炭水化物の形態	—	デキストリン(多糖類)	デンプン	デンプン

表2 摂取品目の特性

3 結果

(1) 心拍数、衣服内温湿度、体重、体温について(図1~5)、補給食の摂取条件間の差は確認できなかった。このことは、摂取条件の差異がこれらの生理的指標に効果がないことを示す一方で、被検者毎に4条件を繰り返し実施した検証操作が、全ての条件間で偏りなく同様に行われたことを示す。

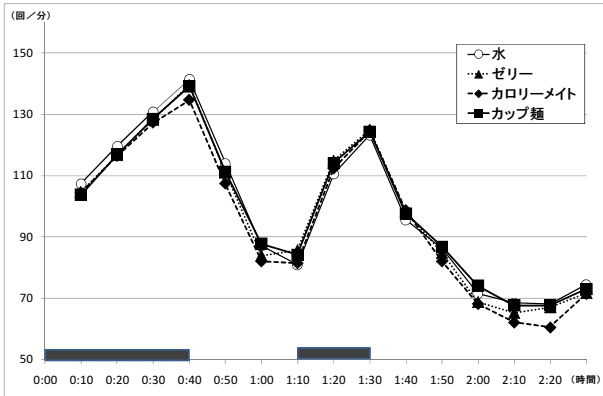


図1 心拍数(回/分) ※10分間平均

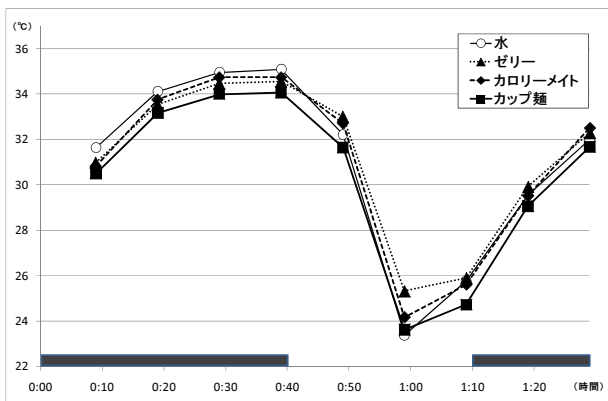


図2 衣服内温度(°C) ※10分間平均

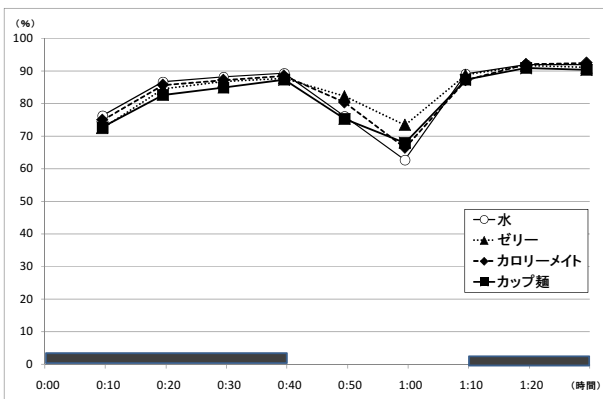


図3 衣服内湿度(%) ※10分間平均

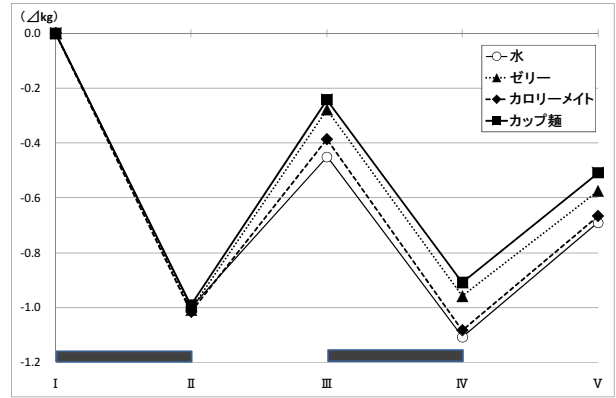


図4 体重変化量(Δkg)

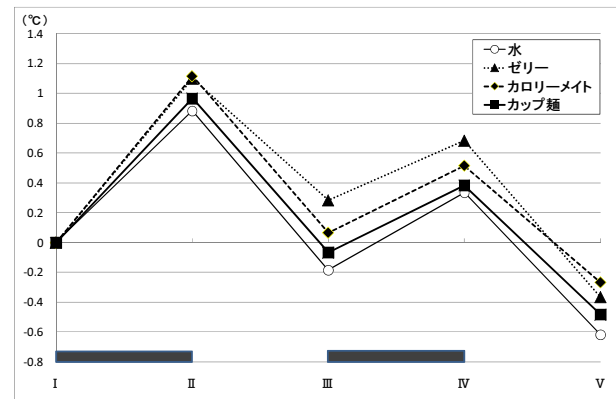


図5 体温変化(Δ°C)

(2) 運動強度(無酸素性)の指標として測定した血中乳酸濃度について(図6)、運動開始前や休憩後の測定(I、III、V)で低く、運動後の測定(II、IV)で高い傾向が見られたが、摂取条件間の特徴的な差は確認できなかった。補給食を摂取する前の測定(I、II)については、4条件で同一の操作手順であることから、摂取条件間の差異は生じないはずであるが、この部分に差が見られたことは操作上、測定上の誤差と考えられ、信頼性の低い結果となった。

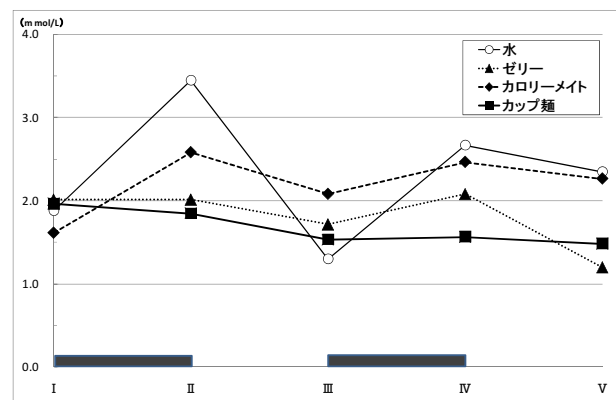


図6 血中乳酸濃度(mmol/L)

(3) 血液中のブドウ糖濃度を示す血糖値について(図7)、水のみを摂取した場合はI、IIでは約100~110mg/dLで、III~Vではやや低下し約90~100 mg/dLで推移することが確認できた。

休憩①中に水以外の補給食を摂取した場合の血糖値の変化は、摂取直後の測定(III)において、水と比較して有意に高いことが確認できた。中でも、ゼリーの値はカロリーメイト、カップ麺との比較についても有意に高いことが確認できた。このときの補給食摂取から血糖値の測定までの時間は約10~15分であった。

摂取直後の測定(III)と比較して、運動②後の測定(IV)における血糖値は何れの条件においても低下し、休憩②後の測定(V)においてさらに低下した。カロリーメイトとカップ麺を摂取した場合の血糖値の変化は、摂取後(III)の上昇も、運動後(IV、V)の低下もゼリーと比べ緩やかであった。Vにおける血糖値は、カップ麺が最も高い値を示し、水に対して有意な差が確認できた。

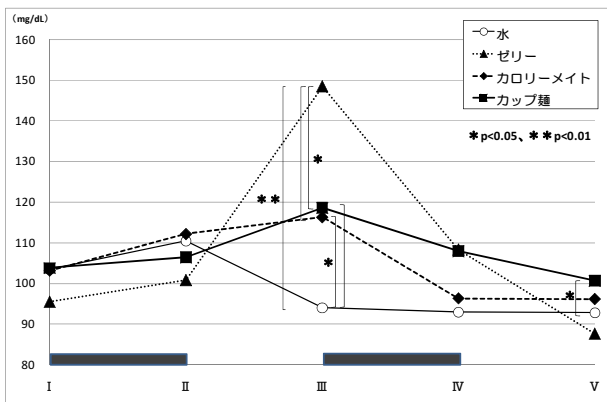


図7 血糖値 (mg/dL)

(4) ストレスの指標として測定した唾液アミラーゼ活性について(図8)、運動開始前や休憩後の測定(I、III、V)で低く、運動後の測定(II、IV)で高い傾向が見られたが、摂取条件間の差は確認できなかった。4条件で同一の操作手順であるI、IIの測定結果についても誤差が大きく、信頼性の低い結果となった。

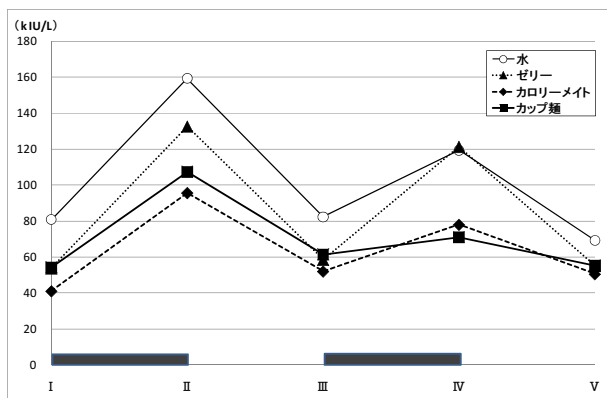


図8 唾液酵素(アミラーゼ)活性 (kIU/L)

(5) 全身反応速度について、4条件全体の平均(図9)は、運動直後(II、IV)に反応速度が速くなり、運動開始前や休憩後(I、III)に遅くなる(7~11m秒)傾向が見られたが、摂取条件間の有意な差は確認できなかった。(図10)

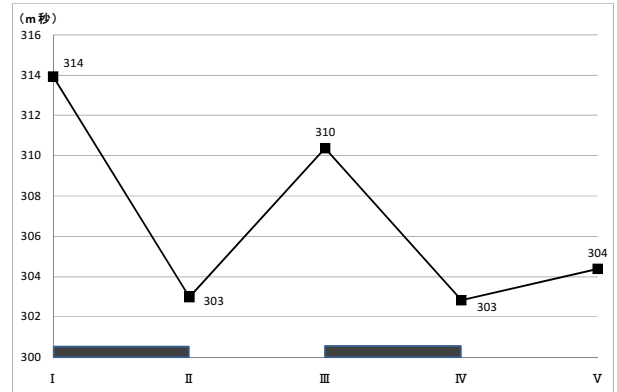


図9 全身反応速度 (m秒) ※全ての平均

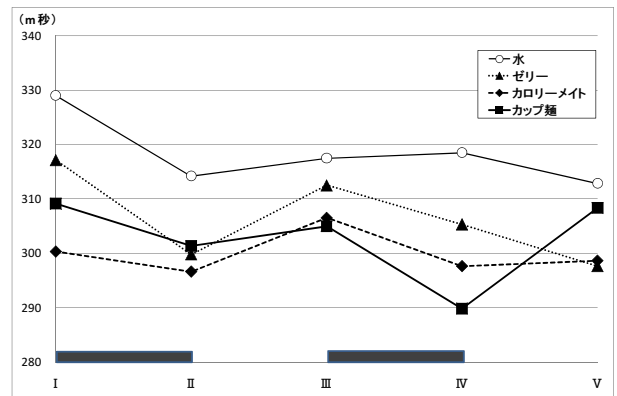


図10 全身反応速度 (m秒)

(6) 暑さ(VAS)について(図11)、摂取条件間の差は確認できなかった。暑さ(VAS)と体温に注目すると、高い相関関係が確認できた(図12、相関係数R=0.94、 $p < 0.001$)。

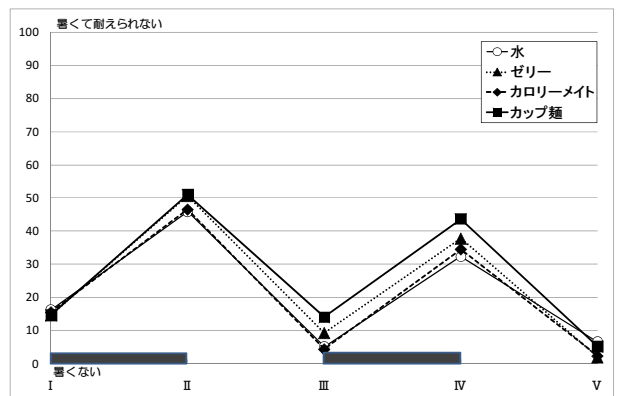


図11 暑さ (VAS)

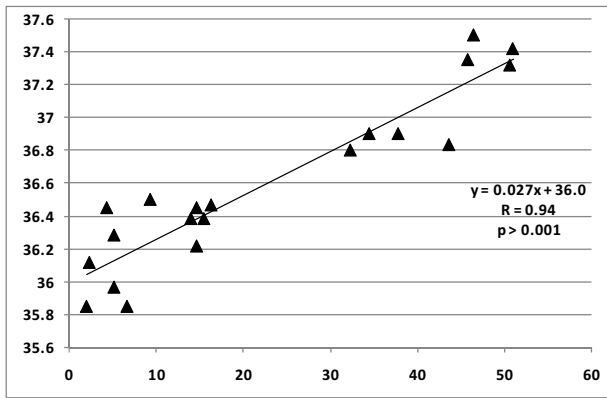


図 12 暑さ (VAS) と体温の相関

(7) 疲労感 (VAS)、活力感 (VAS) について (図 13~14)、摂取条件間の有意な差は確認できなかったが、水は他と比較し大きな (評価の悪い) 値を示す傾向が見られた。

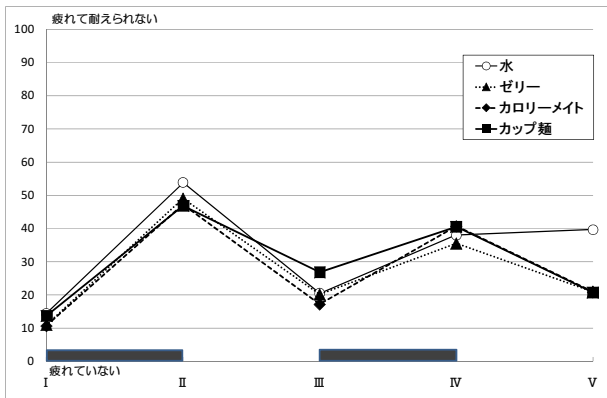


図 13 疲労感 (VAS)

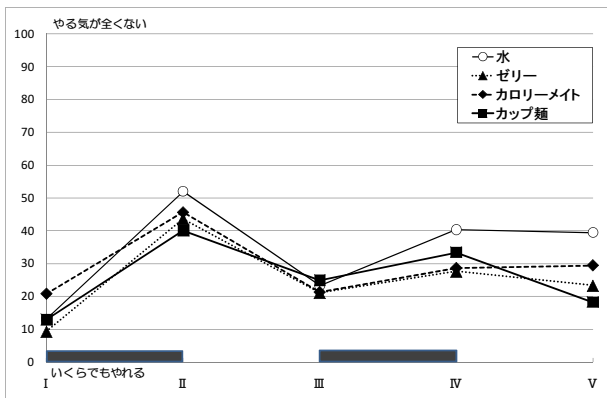


図 14 活力感 (VAS)

(8) 空腹感 (VAS)、満腹感 (VAS)、不快感 (VAS) について (図 15~17)、摂取条件間の有意な差は確認できなかったが、カップ麺は他と比較し空腹感小さく、満腹感大きな値を示し、一方で水は空腹感が大きく、満腹感小さな値を示す傾向が見られた。

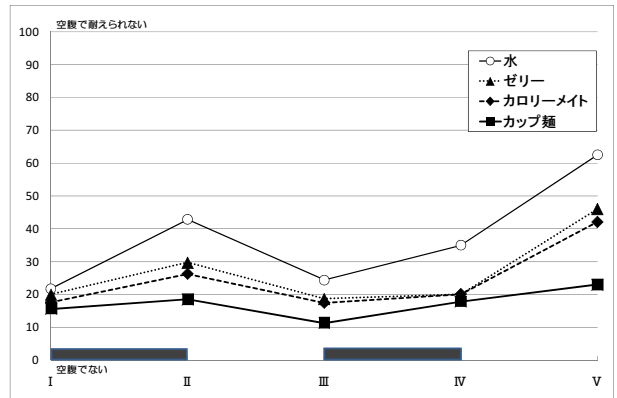


図 15 空腹感 (VAS)

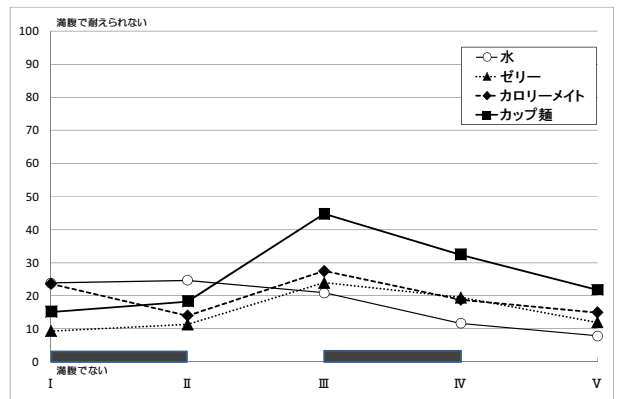


図 16 満腹感 (VAS)

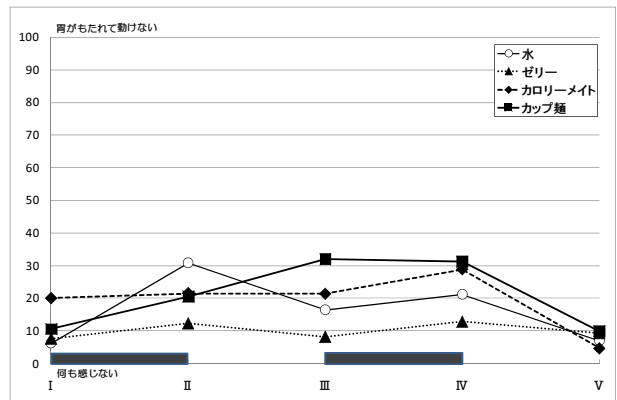


図 17 不快感 (VAS)

(9) 休憩①中の自発的水分要求量 (図 18) について、何れの摂取条件についても 300mL 前後となり、摂取条件間の有意な差は確認できなかった。

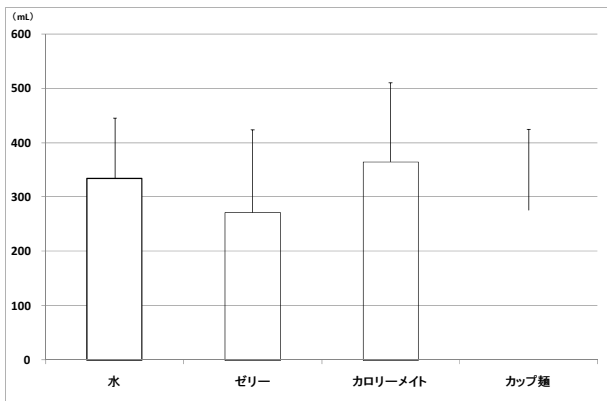


図 18 自発的水分要求量 (mL)

(10) 補給食摂取時に実施したアンケートの結果、食べ易さ、美味しさ、食感、満足感、活力感について (図 19~24)、カップ麺、ゼリーの評価は高く、カロリーメイトは低かった。量について、何れの条件についても、概ね丁度良いか、やや少ない、という回答が中心であった。

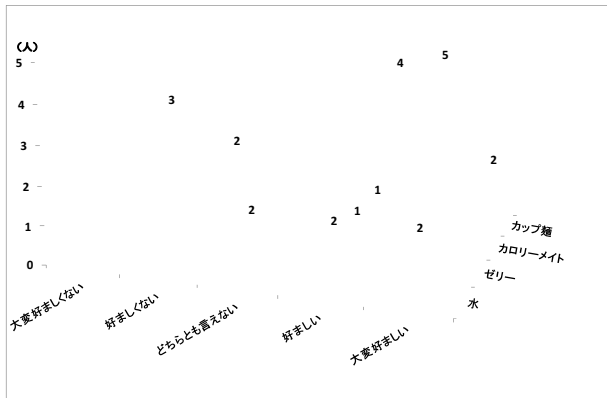


図 19 食べ易さについて

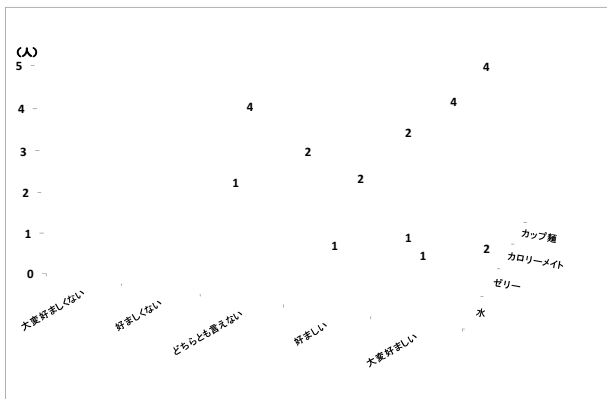


図 20 美味しさについて

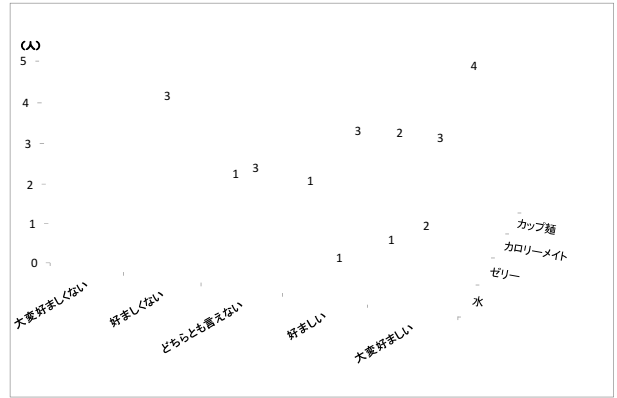


図 21 食感について



図 22 満足感について



図 23 活力感について

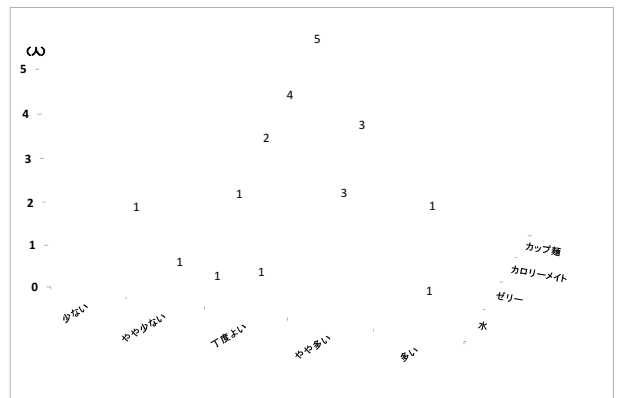


図 24 量について

4 考察

(1) 血糖値は、水以外の何れの補給食についても、摂取後約 10～15 分程度で速やかに反応（上昇）することが明らかとなった。このことから、消防活動時等の休憩中に補給食を摂取することは、エネルギー補給の観点から有効であることが確認できた。

血糖値の変化の様子は、摂取した品目により異なった。ゼリー摂取後は血糖値の上昇が顕著であり、カロリーメイト、カップ麺は比較的緩やかであった。

このように、血糖値の上昇がゼリーで顕著だった理由として、ゼリーに含まれる炭水化物の形態がデキストリン（ブドウ糖が 3～19 個重合したもの）であり、摂取後速やかにブドウ糖へ消化され、短時間で小腸へ移動・吸収され血中に取り込まれたためと考えられる。一方、カロリーメイト、カップ麺による血糖値の上昇が緩やかだった理由として、含まれる炭水化物の形態が主にデンプン（ブドウ糖が数十～数万個重合したもの）であり、消化・吸収にやや時間を要したためと考えられる。一般的に、ある食品を摂取した後の血糖値の上昇の特性を「グリセミックインデックス (GI 値)」³⁾で説明することができ、今回検証した食品の場合、ゼリーの GI 値は高く、カロリーメイト、カップ麺の GI 値は低い、と言える。

今回の検証で得られた知見を消防活動に照らし合わせると、ゼリーの摂取により血糖値の上昇を摂取後 10～15 分で十分に得られることは、活動中に疲労困憊に陥った場合等、エネルギー補給に即効性が求められる際に非常に有効である。一方で、血糖値を急速に上昇させると、血糖値をある範囲で維持させようとする生体反応によりインスリンの分泌が始まり、時として過度に血糖値を下

げ低血糖状態になるインスリンショックを招く恐れがある。スポーツの現場ではこのようなインスリンショックを避けるため、運動前や運動中のエネルギー補給の際にはインスリンの分泌を開始しないような摂取を心がけることが重要である⁴⁾、と考えられている。従って、補給食としてゼリーを活用する際には、多量に（一度に複数個を）摂取しないよう注意が必要である。

カロリーメイトやカップ麺については、血糖値の上昇が緩やかであり、その後も比較的長時間、血糖値の高い状態を維持することも確認できた。このように、血糖値の急激な変化を伴わず（過度なインスリンの分泌を引き起こさず）にエネルギー補給ができる点は、多量のエネルギー摂取や長時間に渡り空腹感を満たすことが必要な場合に向いていると言える。消防活動現場で補給が必要な状況とは、一般的に長時間に渡り活動に従事する必要があることから、これらの食品の特性である血糖値を必要以上に上げず、かつ長時間に渡り血糖値を維持することができる点は有効であると考えられる。

なお、本検証で採用した補給食のエネルギー量（熱量）は、何れの補給食についても概ね 200kcal 前後であった。これは本検証の運動強度において約 20～30 分で消費するエネルギー量に相当すると考えられる。消防活動の補給食としてこれらを摂取する場合には、その後どの程度の活動（運動強度や時間）が控えているのかを考慮し、エネルギー不足に陥らないよう必要なエネルギー量を摂取することが重要であると考えられる。

本検証の結果から得られた、血糖値から見た補給食毎の特徴については下記のとおりである。（表 3）

品目	ゼリー	カロリーメイト	カップ麺
即効性	速い	普通	普通
血糖値への影響	大きい	普通	普通
持続性	普通	短い	長い
摂取目的	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーが即必要 ・食事を摂る時間がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・空腹を満たす ・エネルギー量摂取（複数で） 	<ul style="list-style-type: none"> ・空腹を満たす ・エネルギー量摂取（複数で）
具体的な局面	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労困憊 ・食事直前の出場や転戦等、空腹（低血糖状態）での出場 ・訓練や演習の直前 	<ul style="list-style-type: none"> ・活動の休憩中 ・活動終了後、食事まで時間がある場合 	<ul style="list-style-type: none"> ・活動の休憩中 ・活動終了後、食事まで時間がある場合
注意点	<ul style="list-style-type: none"> ・一度に多量摂取でインスリンショックの可能性もあり ・消防活動 20～30 分で消費[*] 	<ul style="list-style-type: none"> ・消防活動 20～30 分で消費[*] 	<ul style="list-style-type: none"> ・消防活動 20～30 分で消費[*]

表 3 補給食の血糖値から見た特性

^{*}本検証における摂取量の場合（表 2 参照）

(2) 主観的評価 (VAS 法) は、調査項目の全体を通じて、水のみ摂取は評価が悪く、その他の補給食、中でもカップ麺の摂取は評価が比較的良好、という傾向が確認できた。これらの主観的評価の結果は、血糖値との関連が

強い⁵⁾と考えられる。つまり、血糖値が低い中での活動は空腹感や疲労感を強め、血糖値が維持された中での活動は活力感を維持させると考えられる。

補給食の摂取が必要となるような長時間の消防活動に

においては、活動中の事故防止の観点から、活力感を維持し疲労感を抑制することが望ましく、カップ麺の摂取により血糖値を長時間維持する特性は、これらの主観的評価にも良い影響をもたらしたと推測できる。

本検証で評価した補給食の中で、カップ麺のGI値は比較的低く、これは一般的に消化に時間を要する（即ち、腹もちが良い反面、消化が悪い。）ことを意味しており、摂取後の活動中に胃もたれ等の不快感を招くことが予想されたが、他の補給食との差異は確認できなかった。

(3) 災害活動の補給食は、単に栄養価や即効性等の生理的な効果だけでなく、心理面への積極的な働きかけも期待できる。本アンケートで調査した、食べ易さ（衛生的に、容易に摂取できる。）や美味しさ（気分を満たす、高揚させる。）、食感（ストレスなく喉を通る。）等の要素は、消防活動現場で心身ともに大きなストレスに曝される消防隊員へ提供される補給食として重要である。

これらの項目については、ゼリーとカップ麺の評価が全体的に高く、カロリーメイトの評価が全体的に低いことが確認できた。ゼリーはパッケージが工夫されており衛生的に容易に摂取でき、また喉ごしや味も好ましい。カップ麺は箸を使って食べる、という行為が本来の食事の動作であり、食事をしているという満足感とともに、スープの温かさや塩味で気分が和むためと考えられる。

一方でカロリーメイトについては、パッケージが開けにくく、摂取に伴い食品本体を素手で触る必要がある等衛生的に扱うことが難しく、また、食品が乾燥しているという特性から、活動後の喉の渇きと相まって、食品の喉の通り難さが目立った。今後、備蓄等で補給食を選定する際には、これらの評価も考慮すべきであると考えられる。

本検証の結果から得られた、心理面から見た補給食毎の特徴については下記のとおりである。（表4）

(4) 水分摂取量は、被験者が運動①で1.0kgの体重減少（約1Lの発汗）をしたにもかかわらず、直後の休憩①における自発的水分要求量は、補給食の摂取条件に関わらず約300mLであった。これは、水分摂取を自由摂取とすると、摂取量は発汗量に対して極めて少ないことを意味する。一般的に、活動現場における補給所での給水方法としては、テーブルの上に用意された紙コップの水を各自で適量と思う量を摂取するが、熱中症予防の観点からは、この摂取方法についても一定の方策（例えば、休憩毎に紙コップ3杯は必ず摂取するよう基準を設ける等）が必要と思われる。

また、実際の消防活動中には理想的な水分摂取（量、タイミング）を継続することは困難な場合が多い。防火衣の中や車両にペットボトル等を用意する等、容易に水分を摂取できる環境を整備しておく工夫が必要と思われる。

(5) 全身反応速度については、当初の予想（疲労の蓄積により遅くなり、回復により速くなる。）に反して、運動後に反応速度が速まり、運動前や休憩後に遅くなる傾向が確認できた。この点については、本検証の目的と異なるため理由を明らかにするに至らないが、自律神経系（交感神経と副交感神経）の活動やウォーミングアップ効果等との関連が推測される。

この身体的状態の感覚と実際の動作反応の乖離を消防活動に照らし合わせると、活動初期や休憩後等の比較的体力や気持に余裕を感じられる時間帯に身体的な反応が鈍く、咄嗟の事象（例えば、つまずき等）への対応が遅れる等して怪我を招く恐れが高いことを意味しており、注意を促す必要があると考えられる。

品目	ゼリー	カロリーメイト	カップ麺
食べ易さ	○～◎ 操作も容易、衛生的	×～○ 袋を開けにくい、素手で触れる	○～◎ 箸を使用し食事に近い
美味しさ	○～◎ さわやかな甘み	△～◎ 好みの分かれるところ	○～◎ 塩味があり食事感高い
食感	○～◎ 喉ごし良い	×～○ パサパサで喉を通りにくい	○～◎ 水分（スープ）も同時に摂取可
満足感	△～◎	△～○	±～◎
活力感	△～◎	×～○	±～◎
量	×～±	△～±	△～○

表4 補給食の心理面から見た特性

凡例 ◎：大変好ましい（高い、多い）、○：好ましい（やや高い、やや多い）、±：どちらとも言えない（普通、丁度よい）、△：好ましくない（やや低い、やや少ない）、×：大変好ましくない（低い、少ない）

5 まとめ

- (1) 補給食の摂取に対する血糖値の変化は、摂取後約10～15分程度で速やかに上昇することが確認できた。
- (2) 血糖値の変化の様子は補給食の品目により異なり、ゼリーは即効性を、カップ麺は持続性を期待できることが確認できた。
- (3) 補給食の摂取に伴う主観的評価や、補給食に関するアンケート結果は食品毎に異なる傾向が見られた。これらの特徴については、生理的な効果と併せて、食品選定の際に考慮すべきである。
- (4) 水分を自由摂取とすると、その量は発汗量に対して極めて少ないことが確認でき、消防活動現場では確実な水分摂取の方策について工夫が必要である。

[参考文献]

- 1) 赤野史典、細谷昌右、高井啓安、山口至孝、千葉 博：消防隊員のための効果的な栄養摂取に関する検証について、消防技術安全所報、48号、92-98、2011年
- 2) 気象庁：気象統計情報／過去の気象データ検索
HP(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats.etrn/index.php>)
- 3) 下村吉治：スポーツと健康の栄養学【第3版】、有限会社ナップ、2010年
- 4) 小林修平：スポーツ指導者のためのスポーツ栄養学、南江堂、1995年
- 5) 森永スポーツ&フィットネスリサーチセンター：ウィダー・スポーツ・ニュートリション・バイブル、森永製菓株式会社健康事業部、2006年