

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：21601  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2021～2023  
課題番号：21K10449  
研究課題名（和文）労働現場における中軽症熱中症の要因と経路のパターン解明による特異的予防策の立案  
  
研究課題名（英文）Elucidating the causes and routes of mild to moderate heat related illness in the workplace and developing specific preventive measures  
  
研究代表者  
各務 竹康（KAKAMU, Takeyasu）  
  
福島県立医科大学・医学部・准教授  
  
研究者番号：20452550  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：労働現場での熱中症に関連する栄養摂取、行動との関連を調べるため、福島県の一消防本部を対象に実験を行った。暑熱環境下での運動の前後での塩分摂取と熱中症の関連を調べ、運動前に塩分を摂取した場合、熱中症症状を引き起こすオッズ比が有意に上昇しており、不適切な塩分摂取は熱中症の危険因子であることが明らかになった。食事摂取におけるミネラル分の摂取と熱中症症状の関連について調べたところ、有意差は認めなかったものの、熱中症症状を経験しなかった群に比べ、経験した群では摂取が過度に多いもしくは少ない傾向にあり、熱中症に対するミネラル分の関与が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
従来熱中症対策として塩分摂取の重要性が言われてきたが、本研究は、塩分摂取について、そのタイミングも重要であることが示唆された。特に、予防的な塩分摂取はむしろ熱中症リスクを上昇させることは、今後の熱中症予防の指針に大きく影響を与えるものである。  
また、塩分についても今まではNaClに着目したものが多くであったが、それ以外の微量元素にも今後着目の余地を与えるものとなった。

研究成果の概要（英文）：An experiment was conducted on a fire department in Fukushima Prefecture to investigate the relationship between nutritional intake and behavior related to heat related illness in the workplace.  
The relationship between salt intake before and after exercise in a hot environment and heat related illness was examined, and it was found that when salt was ingested before exercise, the odds ratio of developing heat related illness symptoms was significantly increased, making it clear that inappropriate salt intake is a risk factor for heat related illness.  
When the relationship between mineral intake in dietary intake and heat related illness symptoms was examined, no significant difference was found, but the group that experienced heat related illness symptoms tended to ingest excessively more or less than the group that did not, suggesting the involvement of minerals in heat related illness.

研究分野：産業保健、熱中症予防

キーワード：熱中症予防 産業保健 栄養

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

労働災害としての熱中症の発生は、近年年間 500 人前後、うち死亡者 20 人前後で推移してきたが、直近の 2018 年度は 1178 人(うち死亡 28 人)、2019 年度は 790 人(26 人)となっており、労働現場における熱中症対策は喫緊の課題となっている。しかしながらこの統計は、休業 4 日以上が集計の対象であり、実際には、統計には現れない軽症、中等症(以下、中軽症)の発生が多く存在していると考えられる。

建設業は世界的にも熱中症のリスクが高い業種として知られている(1-3)。我が国においても熱中症による死傷者、死亡者の多くを建設業が占めており、厚生労働省、建設業労働災害防止協会などが毎年啓発活動を行っている。

熱中症の発症機序については環境、衣服、既往歴などハイリスクとなる要因が多く提唱されており(4, 5)。それらに基づいた対策がなされているが、統計上熱中症の発生は減少していない。また、熱中症は気候に大きく左右されると言われているが、猛暑でない年であっても熱中症は例年とあまり変わらず発生している。多くの対策がなされているにも関わらずなぜ労働現場における熱中症は減少しないのだろうか？

従来の人々の集団を対象とした熱中症研究の多くは、医療機関への受診、救急搬送による患者を対象としたものであった。それらの対象者は重症の患者が多く、統計に表れない中軽症熱中症に関する研究はまだ十分ではなかった。そのため、中軽症熱中症に対する研究の蓄積が重要であると考へた。

### 2. 研究の目的

本研究は暑熱環境下で作業を行う労働者を対象として、労働環境、生活環境など多面的に分析を行い、中軽症熱中症の発生に寄与する因子を明らかにすることを目的とした。本研究では、建設業の労働者に対して大規模に研究を行う前に、建設業同様暑熱環境下で日常的に激しい訓練を行う消防職員を対象として、まずは運動前後の行動、日常の食習慣に着目したパイロット研究を行うこととした。

### 3. 研究の方法

#### 対象者

2021 年度、2022 年度に、福島県の一消防本部を対象として研究を行った。研究参加の募集を行い、応募した人に対して、7 月～9 月の 3 ヶ月、屋外訓練の前後で質問紙による調査を行った。2021 年度は 28 人、2022 年度は 32 人が調査に参加した。

#### データの収集

参加者は、屋外訓練を行った日に、訓練の前後で調査票による質問に対して回答を行った。調査票の内容は、日付、訓練時間、訓練場所、前日の睡眠時間、前日の熟睡の有無、前日の飲酒(なし、いつも通り、飲みすぎた)、訓練前後の体重、訓練中の飲水量、訓練中の塩分摂取(塩分タブレットの摂取量および摂取時期(訓練前、訓練中))、熱中症の自覚症状の有無(意識混濁、激しい喉の渇き、けいれん、筋肉痛、手足の運動障害、尿量減少、歩行困難、立ちくらみ、頭痛、めまい、気分不快、短時間の失神、耳鳴り、大量の発汗)とした。栄養調査は 7 月及び 2 月に brief self-administered diet history questionnaire (BDHQ)を用いて実施した。

訓練を行った場所は、消防署管内の 3 地点となっており、気象庁のデータより、各地点の訓練日における気温および wet-bulb globe temperature (WBGT)値を記録した。消防署の立地場所は気象庁のモニターの場所と近いとため、現地での測定の代用として用いた。

#### 統計解析

統計解析は分析 1 から分析 3 まで、3 段階に分けて実施した。

##### 分析 1: 塩分摂取と熱中症症状の関連(担当: 各務竹康)

2021 年度に研究に参加した 28 人、延べ 250 訓練日数の情報について分析を行った。自覚症状については、訓練の後に自覚症状を一つ以上回答した、もしくは訓練後の体重が 1.5%以上減少していた人を熱中症症状あり、とした。塩分摂取パターンは、摂取せず、訓練前のみ摂取、訓練前および訓練中に摂取、訓練中のみ摂取、の 4 パターンに分類した。個人 ID、訓練場所、各訓練場所における訓練日の最高 WBGT 値をランダム効果、前日の熟睡の有無、前日のアルコール摂取、作業中の水分摂取、摂取せずを対照群とする塩分摂取パターンを固定効果として、熱中症症状の有無を目的変数とするロジスティック混合効果モデルによる分析を実施した。その他、BDHQ の結果より、普段の食事による塩分摂取量、アルコール摂取量を推定した。

##### 分析 2: 消防職員の栄養摂取の現状(担当: 伊藤央奈)

2021 年度の夏季および冬季に実施した BDHQ の結果を分析した。BDHQ の結果について、栄養素摂取量の平均値と標準偏差を求め、日本人の食事摂取基準(2020 年版)を用いて栄養素の過不足を確認した。また、t 検定を用いて夏季と冬季の栄養摂取の比較を行った。

### 分析3：栄養摂取と熱中症症状の関連(担当：各務竹康)

2021年、2022年の7月から9月にかけて屋外トレーニングを行った、消防士のべ60人のうち、1シーズンの記録が5回以上の34人を、分析対象とした。トレーニング終了時の調査票にて、熱中症症状の自覚症状を認められたか、トレーニング前後の体重測定にて1.5%以上体重が減少した人を熱中症症状ありとした。期間中、熱中症症状を1回以上認めた22人と、1回も認めなかった12人について、7月に実施した栄養調査(BDHQ)の結果より、普段の食事によるミネラル(ナトリウム、カリウム、マグネシウム、リン、鉄)の摂取を比較した。

### 倫理的配慮

本研究は、福島県立医科大学倫理委員会の審査を経て(確認番号2021-110)実施した。

## 4. 研究成果

### 分析1：塩分摂取と熱中症症状の関連

調査期間中に熱中症症状の自覚は79日(31.6%)で発生した。多かった症状は、1.5%以上の体重減少(n=10, 4.0%)、激しい喉の乾き(n=9, 3.6%)、めまい(n=7, 2.8%)、気分不快(n=5, 2.0%)であった。訓練場所による気温及びWBGT値に有意な差を認めなかった。混合効果ロジスティック回帰分析の結果、熱中症症状の発生に対するオッズ比(95%信頼区間)は熟睡の有無が0.997(0.288-3.450)、前日の飲酒が2.133(0.855-5.320)、作業中の水分摂取が1.273(0.429-3.782)、訓練前の塩分摂取が5.893(1.407-24.675)、訓練前および訓練中の塩分摂取が22.829(4.276-122.516)、訓練中のみ塩分摂取が2.562(0.539-12.185)であった。

表1. 熱中症症状に対する混合効果ロジスティック解析

項目 (固定効果)	調整済みオッズ比 (95% 信頼区間)
前日の睡眠(熟睡した)	0.997 (0.288-3.450)
前日の飲酒(飲酒した)	2.133 (0.855-5.320)
水分(摂取した)	1.273 (0.429-3.782)
塩分摂取(対照: 摂取しない)	
訓練前	5.893 (1.407-24.675)
訓練前および訓練中	22.889 (4.276-122.516)
訓練中	2.562 (0.539-12.185)

発汗によって体内の水分、塩分が喪失する。その際に水分のみを摂取した場合、細胞内液が低張になることを防ぐため、水分の吸収効率が低下する(6)。そのため、発汗後の水分摂取の際には、塩分を同時に摂取することで、細胞外液から細胞内に塩分、水分が吸収され、効率よく脱水状態が解除される。一方で、過剰な塩分摂取は細胞外液が高張となるため、利尿作用が働くほか、細胞内液から水分が移行し細胞内液の脱水を促す(7)。予防的な塩分摂取は過剰な塩分を体内に取り込むものであり、脱水を促すことから熱中症のリスクが高くなったと考えられる。

### 分析2：消防職員の栄養摂取の現状

日本人の食事摂取基準と比較して不足している栄養素は、エネルギー、カリウム、カルシウム、鉄、亜鉛、レチノール当量、ビタミンB<sub>1</sub>、ビタミンB<sub>2</sub>、ビタミンB<sub>6</sub>、ビタミンC、総食物繊維であった。過剰だった栄養素は、コレステロールと食塩相当量であった。夏季と冬季で比較した結果、有意差が認められた栄養素は、エネルギー(P<0.02)、脂質(P<0.03)、炭水化物(P<0.01)、カルシウム(P<0.03)、ビタミンK(P<0.05)、ビタミンB<sub>2</sub>(P<0.01)であった。

表2. 栄養摂取状況および季節による比較

項目	基準値	夏季	冬季	P値
年齢(歳)		31.0±7.7		
身長(cm)		171.1±4.9	171.0±4.8	0.52
体重(kg)		72.4±10.2	72.6±10.4	0.65
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.0	24.7±2.7	24.8±2.9	0.60
エネルギー(kcal)	2700-2800	2079.1±620.0	1858.4±652.7	0.02
タンパク質(g)	13-20%	69.4±21.2	65.6±24.2	0.32
脂質(g)	20-30%	57.5±19.2	50.9±19.9	0.03
炭水化物(g)	50-65%	281.8±98.1	248.2±94.8	0.01
ナトリウム(mg)	600	5011.0±1271.2	4742.0±1380.9	0.32
カリウム(mg)	3000	2172.4±823.4	2013.7±783.8	0.21
カルシウム(mg)	750	449.2±192.5	394.0±180.1	0.03
鉄(mg)	7.5	7.4±2.7	6.9±2.7	0.21
亜鉛(mg)	11	8.4±2.7	7.7±2.7	0.11
レチノール当量(μg)	650	645.6±447.6	520.1±354.6	0.06
ビタミンD(μg)	8.5	10.0±6.0	10.7±6.4	0.60

ビタミン K( $\mu\text{g}$ )	150	276.1 $\pm$ 143.5	235.9 $\pm$ 111.6	0.33
ビタミン B1(mg)	1.4	0.7 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.2	0.05
ビタミン B2(mg)	1.6	1.2 $\pm$ 0.4	1.0 $\pm$ 0.4	0.19
ビタミン B6(mg)	1.4	1.2 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.4	0.53
ビタミン B12(mg)	2.4	7.8 $\pm$ 4.1	7.8 $\pm$ 4.4	0.94
ビタミン C(mg)	100	78.0 $\pm$ 47.7	82.8 $\pm$ 38.3	0.51
葉酸( $\mu\text{g}$ )	240	277.9 $\pm$ 135.7	257.9 $\pm$ 107.5	0.22
総食物繊維(g)	21 以上	10.9 $\pm$ 4.6	10.2 $\pm$ 3.9	0.34
食塩相当量(g)	7.5 未満	12.7 $\pm$ 3.2	12.0 $\pm$ 3.5	0.32

平均値  $\pm$  標準偏差

本研究の対象者において、塩分が過剰である一方で、カリウム、ビタミン等、不足している栄養素も多く存在していた。また、夏季と冬季で有意差が認められた項目もあり、栄養状態の偏りを今後改善する必要があると考えられた。栄養状態の偏りは熱中症に限らず多くの疾患リスクを高める。本研究の対象となった消防本部は、勤務日の夕食及び朝食を交代で作っており、その際のレシピ提供により、今後介入の余地があると考えた。

### 分析 3：栄養摂取と熱中症症状の関連

熱中症症状を経験した群は全てにおいて標準偏差が大きく、幅の広い分布となっていた。そこで、各ミネラルについて、その摂取量により、上位 25%、中位 50%、下位 25%に分類し、それぞれの群で熱中症症状の経験について度数分布表を作成したところ、有意差は認めなかったものの、ナトリウムは下位 25%で、カリウムは上位 25%で、マグネシウム、リン、鉄は上位 25%および下位 25%で熱中症症状を経験した群の割合が多くなっていた。

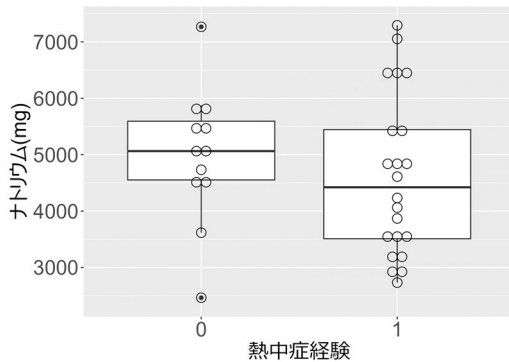


図 1a ナトリウム

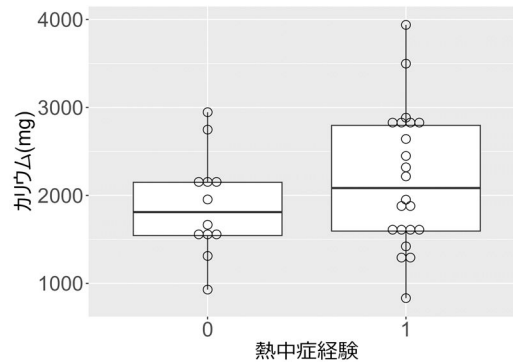


図 1b カリウム

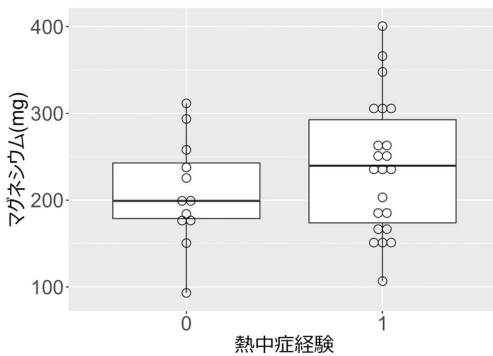


図 1c マグネシウム

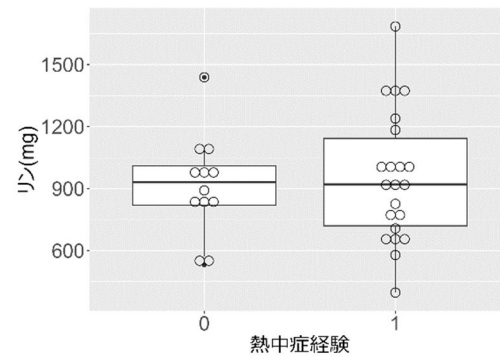


図 1d リン

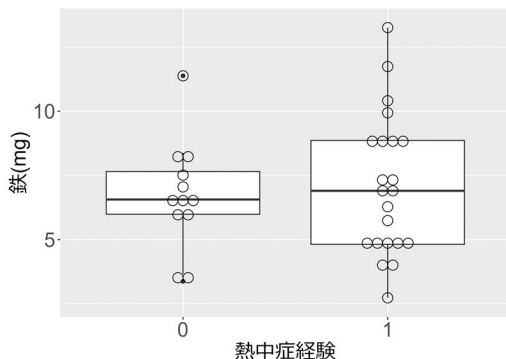


図 1e 鉄

図 1 熱中症経験別の日常生活におけるミネラル接種状況

本研究において、日常生活におけるミネラル摂取が、暑熱下での運動における熱中症発生に関連していることが示唆された。一部のミネラルについては、不足ではなく過剰もリスクとなりうる。従来運動中の塩分摂取については、NaCl が着目されてきたが、その他のミネラルについても、着目する必要があるのかもしれない。

分析 1 から 3 を通して、熱中症予防に関する栄養摂取の重要性が明らかになった。特に塩分摂取のタイミングについては、新たな知見が得られ、今後の熱中症予防に大きく寄与するものである。

#### 参考文献

1. 坂手 誠, 澤井 睦, 南 和, 寄本 明, 星 秋. 大学生におけるスポーツ活動時の熱中症に関する実態調査. 日本生気象学会雑誌. 2013;49(4):157-63.
2. 三宅 康. 【高齢者の救急医療-その病態特徴と基本管理-】高齢者外因性の救急疾患と処置 我が国における高齢者熱中症の実態 Heatstroke STUDY 2010 からの分析. 日本臨床. 2013;71(6):1065-73.
3. Navarro CS, Casa DJ, Belval LN, Nye NS. Exertional Heat Stroke. Current Sports Medicine Reports. 2017;16(5):304-5.
4. Kakamu T, Hidaka T, Hayakawa T, Kumagai T, Jinnouchi T, Tsuji M, et al. Risk and preventive factors for heat illness in radiation decontamination workers after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Occupational Health. 2015;57(4):331-8.
5. Endo S, Kakamu T, Sato S, Hidaka T, Kumagai T, Nakano S, et al. Preventive measures and lifestyle habits against exertional heat illness in radiation decontamination workers. Journal of Occupational Health. 2017;59(5):428-32.
6. Nose H, Mack GW, Shi XR, Nadel ER. Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. J Appl Physiol (1985). 1988;65(1):325-31.
7. de W, HE, He F, Macgregor G. Plasma sodium and hypertension. Kidney International. 2004;66(6):2454-66.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kakamu Takeyasu, Ito Teruna, Endo Shota, Hidaka Tomoo, Masuishi Yusuke, Kasuga Hideaki, Fukushima Tetsuhito	4. 巻 19
2. 論文標題 Inappropriate timing of salt intake increases the risk of heat-related illness: An observational study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0296388
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0296388	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊藤央奈、三瓶花夏、村岡千鶴、平野真唯、村越結美佳、各務竹康
2. 発表標題 消防士への健康増進活動 ～栄養摂取状況の把握と宿直時のレシピ提案～
3. 学会等名 第93回日本衛生学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 各務竹康、伊藤央奈、日高友郎、増石有佑、春日秀朗、遠藤翔太、福島哲仁
2. 発表標題 消防職員の夏季屋外トレーニングにおける熱中症発生と食事中ミネラル摂取の関連
3. 学会等名 第94回日本衛生学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 各務竹康、伊藤央奈、遠藤翔太、日高友郎、増石有佑、春日秀朗、福島哲仁
2. 発表標題 暑熱環境下での屋外作業における熱中症発生リスクの事前予測因子
3. 学会等名 第95回日本産業衛生学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	伊藤 央奈  (Ito Teruna)  (20835227)	郡山女子大学・家政学部・准教授   (31601)	
研究 分担者	日高 友郎  (Hidaka Tomoo)  (70644110)	福島県立医科大学・医学部・講師   (21601)	
研究 分担者	遠藤 翔太  (Endo Shota)  (90778309)	福島県立医科大学・医学部・助教   (21601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------