

大学生の夏季日常生活下における温度環境の実態調査

藤森 加奈恵*¹・田井村 明博*²

THE THERMAL ENVIRONMENT OF STUDENTS' DAILY LIFE IN SUMMER

Kanae FUJIMORI, Akihiro TAIMURA

Abstract

The purpose of this study was to examine the temperature of environments in which subjects stayed in summer, as well as the relationship between the thermal environment and subjective heat-cold tolerance. Temperatures were monitored using a portable thermometer. There was a significant difference between the average temperature of environments in which subjects stayed (TSS: 28.5 ± 1.6 °C) and the temperature recorded by the Japan Meteorological Agency (T-JMA: 31.0 ± 1.7 °C) ($P < 0.05$). The difference between the average daytime and nighttime temperatures of TSS (0.8 ± 0.74 °C) was significantly smaller than T-JMA (3.6 ± 0.69 °C) ($P < 0.001$). Therefore, we concluded that subjects in summer stayed in environments with temperatures lower than the T-JMA and lived in a narrow-temperature-range environment. That suggested that the subjects lived in environments where room temperature was controlled by air-conditioning.

キーワード: 行動性体温調節, 主観的溫度耐性, 可搬型温度測定器, エアコンディショナー

Key words: Behavioral thermoregulation, Subjective thermal tolerance, Portable thermometer, Air-conditioner

1. 緒 言

近年地球温暖化により気温が上昇している¹⁾。これに伴い人は空調による温度調節といった行動性体温調節を行うことで快適な環境下で過ごしている。夏季における屋内の室温調節について、環境省は温室効果ガス削減のため、冷房時の室温設定を28°Cに保つように推奨している²⁾。しかし、温熱的に快適と感じる環境は個人で異なる^{3) 4)}。そのためオフィス等の人が多く生活する屋内環境において、過度の室温調節で冷え過ぎによる血行不良などの症状(冷房病)⁵⁾が問題としてあげられる。このことから、快適なライフスタイルを提案するためにクールビズが日常生活下で取り入れられている⁶⁾。ただしこのような提案は、社会全体にたいしてなされることが多く、家庭のような一般的な住まいにおいて実践しているか定かではない。そこ

で、日常生活下における行動性体温調節がどの程度、ヒトの生理機能に影響するのに関連性を明らかにすることは重要である。

夏季の生活環境に着目し、生理的適応との関連性について研究は多く行われている。夏季における冷房使用頻度が多いことは、発汗機能及び平均皮膚温の低下といった暑熱耐性に影響を及ぼすことが報告されている^{7) 8)}。また、ヒトの生体は繰り返し暑熱環境に暴露、また暑熱環境下での運動を行うことで発汗が速やかに起こり(発汗閾値体温の低下)、体温上昇に対する発汗量が増大することで生体への負荷を少なくするという暑熱環境に耐えられる体温調節の仕組みが備わっている^{9) 10) 11)}。このことから、人々が日常生活においてどのような温度環境下で生活しているのか把握することは生理学的研究において重要である。

近年の科学技術の進歩により、精度の良いポータブル端末が環境面で制限されないことから多様な場面における実験で用いられている^{12) 13) 14)}。これらは、国内外のメーカーから比較的安価な価格で販売され、取り扱いを考慮すれば統計的処理を必要とした研究に利用することができる。

本研究では、可搬型温度測定器を用いて夏季におけ

*¹長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・博士前期課程・環境科学専攻

Master's Program, Graduated School of Fisheries and Environmental Science, Nagasaki University

*²長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

Graduated School of Fisheries and Environmental Science, Nagasaki University

る被験者の滞在した環境温度を測定することで温度環境の実態を調査・分析するとともに、それらと生活習慣や主観的暑熱耐性との関連性を検討することを目的とした。

2. 方 法

2-1. 被験者

本研究では、健康な男子大学生11名を対象とした(表1)。全ての被験者には、実験の詳細について事前に書面と口頭にて説明し、実験参加への同意を書面にて得た。

2-2. 実験条件および手順

A: 夏季生活下の温度環境実態調査

全ての調査は、夏季(7~8月)の連続していない6日間(7月:4日間、8月:2日間)において、可搬型の温度測定器(温度ロガー 3650、HIOKI社製(図1))を被験者の鞆または腰部ベルトに装着、就寝時は枕付近に置くように指示し、滞在した環境温度を10分ごとに測定、記録した。調査期間中のデータは、授業等に影響されない休日のデータを利用し、アルバイト及び施設における環境については被験者の口頭による申告によって把握した。

B: 生活習慣及び主観的暑熱・寒冷耐性の調査

出身地、運動状況(頻度、時間)、生活習慣(食事、睡眠、喫煙)、冷房使用状況及び主観的暑熱耐性テスト(Subjective thermal tolerance; ST-T、山内ら、1997)¹⁵⁾と主観的暑熱・寒冷耐性調査(Investigating self-identified heat and cold tolerance: SI-T、Parkら、2016)¹⁶⁾について書面にて調査を行った。ST-Tは、寒冷耐性、暑熱耐性のそれぞれについて、耐性が低いことを示す質問(奇数番号)と耐性が高いことを示す質問(偶数番号)を交互に並べ、5段階(1:全くそうで

ない、2:どちらかといえばそうでない、3:どちらともいえない、4:どちらかといえばそうである、5:全くそうである)で評価させ、奇数番号の質問の得点を逆転させた各項目の合計点数を質問数で除いた平均値を主観的暑熱耐性得点(ST-T-heat)及び主観的寒冷耐性得点(ST-T-cold)とし、それぞれ得点が高いほど暑熱または寒冷耐性が高いと評価した。SI-Tについては、Parkら(2016)¹⁶⁾の調査(4段階)を参考にし、本研究では5段階(1:全くそうでない、2:どちらかといえばそうでない、3:どちらともいえない、4:どちらかといえばそうである、5:全くそうである)で評価した。

2-3. データ処理と統計

回収した温度ロガーから10分ごとに記録された温度データを取り出し、被験者が滞在した環境温度(Temperature of subject stayed; TSS)とした。調査期間中の気温は、N市における気象庁公表の10分ごとのデータ¹⁷⁾を使用した(Temperature by Japan Meteorological Agency; T-JMA)。各被験者についてTSSからT-JMAを減じた値を温度環境差(Tdiff)とした。TSSとT-JMAの比較は対応のないt検定(Unpaired t-test)によって行った。また、日中と夜間における温度環境差(Tdiff)の関連性の検討にはPearsonの相関係数(r)を用い、TdiffとSI-Tの関連性及びST-TheatとST-Tcoldの関連性の検討にはSpearmanの順位相関係数(ρ)を用いた。本研究での統計的有意差の基準は、5%以下($P < 0.05$)とした。

3. 結 果

3-1. 滞在した環境温度(TSS)と気象庁気温(T-JMA)の比較

図2は、TSSとT-JMAについて、全日(0~24時)及び日中(9~18時)、夜間(21~6時)別の平均値、

表1 被験者の身体的特徴

	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)	BMI
Mean	21.8	172.3	65.3	19.9	22.0
S.D.	0.83	5.2	12.0	6.5	4.3



図1 可搬型温度測定器(温度ロガー 3650、HIOKI社製)

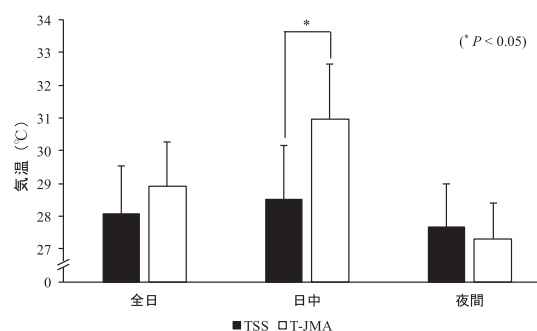


図2 夏季における被験者が滞在した環境温度(TSS)と気象庁気温(T-JMA)の比較(7~8月における平均±標準偏差)(全日:0~24時、日中:9~18時、夜間:21~6時)

標準偏差を示した。TSSは、全日 28.1 ± 1.5 ℃、日中 28.5 ± 1.6 ℃、夜間 27.7 ± 1.3 ℃であった。T-JMAは、全日 28.9 ± 1.4 ℃、日中 31.0 ± 1.7 ℃、夜間 27.3 ± 1.1 ℃であった。日中において、TSSは、T-JMAより有意に低かった ($P < 0.05$)。また、日中と夜間の気温差については、TSS (0.8 ± 0.74 ℃)がT-JMA (3.6 ± 0.69 ℃)より有意に小さかった ($P < 0.001$)。

3-2. 日中と夜間における温度環境差(Tdiff)の関連

日中と夜間それぞれについて、各被験者についてTSSからT-JMAを減じた値(温度環境差：Tdiff)の平均値を求め、プロットした(図3)。日中と夜間のTdiffの間に正の相関が認められた ($r = 0.89$, $P < 0.001$)。

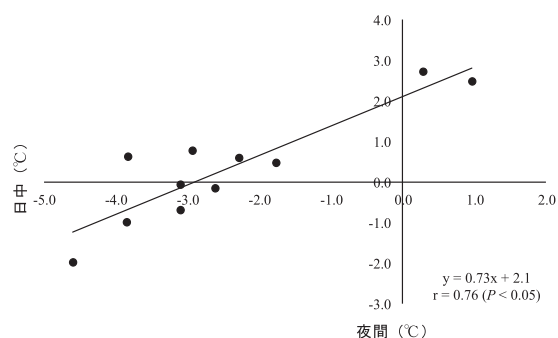


図3 日中と夜間の温度環境[#]の関連

[#]被験者が滞在した環境温度(TSS)から気象庁気温(T-JMA)を減じた値(Tdiff)の平均値

表2 生活習慣に関する調査結果

		n	%	
Q1	運動	毎日	0	0
		週1~2回	4	36.4
		月1~2回	6	54.5
		全くしない	1	9.1
Q2	食事	規則的、朝食あり	2	18.2
		不規則的、朝食あり	1	9.1
		不規則的、時々朝食あり	5	45.5
		不規則的、朝食なし	3	27.3
Q3	睡眠	9時間以上	0	0
		7~9時間	3	27.3
		5~7時間	6	54.5
		5時間未満	2	18.2
Q4	喫煙	全く吸わない	6	54.5
		時々吸う	1	9.1
		1日に1~10本吸う	0	0
		1日に11~20本吸う	3	27.3
Q5	使用頻度	多い	6	54.5
		普通	4	36.4
		少ない	1	9.1
		冷房	就寝時の使用	はい
いいえ	3	27.3		
Q7	就寝時のタイマー機能使用	はい	5	62.5
		いいえ	3	37.5

3-3. 生活習慣及び主観的暑熱耐性得点(ST-Theat)・寒冷耐性得点(ST-Tcold)及び主観的暑熱・寒冷耐性調査(T-SI)

表2は、被験者の生活状況の調査結果について示した。夏季の冷房使用状況は54.5%が「多い」と回答した。また、就寝時においても72.7%が冷房を使用しており、使用者の62.5%がタイマー機能によって使用時間を調整していた。

主観的寒暑耐性テストによって求めたST-Theatは、 2.5 ± 0.69 点、ST-Tcoldは、 3.2 ± 0.77 点であった(表3)。

表4は、主観的暑熱・寒冷耐性調査(T-SI)の結果について示した。「Q11:暑さに対して敏感である」、「Q14:夏場にたくさん汗をかく」、「Q16:夏において、他の人に比べ扇風機やエアコンディショナーを使用する」において、それぞれ 3.7 ± 1.1 、 4.1 ± 0.90 、 3.8 ± 0.83 で、他の項目よりも高い値であった。

3-4. 温度環境差(Tdiff)と主観的暑熱・寒冷耐性(T-SI)の関連

日中と夜間のいずれにおいても、TdiffとT-SIの「Q10:寒さに敏感である」との間に有意な正の相関が認められた(日中： $\rho = 0.69$ ($P < 0.05$)、夜間： $\rho = 0.75$ ($P < 0.05$))(図4)。また夜間におけるTdiffと主観的暑熱・寒冷耐性調査の「Q14:夏場にたくさん汗をかく」との間に有意な正の相関が認められた($\rho = 0.69$, $P < 0.05$)(図5)。しかし、その他の主観的暑熱・寒冷耐性調査との間に有意な関連性は認められなかった。

3-5. 主観的暑熱耐性得点

(ST-Theat)と主観的暑熱・寒冷耐性(T-SI)の関連

ST-Theatの得点とT-SIの「Q16:夏において、他の人に比べ頻繁に扇風機やエアコンディショナーを使用する」($\rho = -0.66$, $P < 0.05$)(図6)及び「Q19:暑い夏より、寒い冬の方を好んでいる」($\rho = -0.76$, $P < 0.05$)(図7)との間に有意な負の相関が認められた。しかし、その他の主観的暑熱・寒冷耐性調査との間に有意な関連性は認められなかった。

表3 主観的寒暑耐性テスト[†]の得点

	暑熱耐性(点)	寒冷耐性(点)
Mean	2.5	3.2
S.D.	0.69	0.77

[†] 山内ら(1997)¹⁵⁾ 参考

表4 主観的暑熱・寒冷耐性[†]に関する調査結果

	Mean	S.D.
Q8 体脂肪率が高い。	2.9	1.3
Q9 体脂肪率が低い。	2.9	1.1
Q10 寒さに敏感である。	3.4	1.1
Q11 暑さに敏感である。	3.7	1.1
Q12 寒さ、暑さ両方ともに敏感である。	2.9	1.2
Q13 両手と両足が、一般的に冷たく感じる。	2.7	1.4
Q14 夏場にたくさん汗をかく。	4.1	0.90
Q15 風邪を引くことが多い。	2.1	1.2
Q16 夏において、他の人に比べ頻繁に扇風機やエアコンディショナーを使用する。	3.8	0.83
Q17 冬寝ている間中、電気毛布や暖房マットレスのような補助ヒーターを使用する。	2.1	1.4
Q18 サウナや温泉浴を楽しむ。	3.4	1.2
Q19 暑い夏より寒い冬の方を好んでいる。	2.9	1.7
Q20 冬に外出するときいつでも手袋を着用する。	1.7	1.1
Q21 冬に寒波予告が天気予報で出た場合、外出することを嫌がる。	1.8	1.2
Q22 夏に熱波予告が天気予報で出た場合、外出することを嫌がる。	2.2	1.2
Q23 暑い夏の半ばでさえ、暑いお茶を楽しむ。	1.5	0.89
Q24 冷たい食べ物を食べることで、胸焼けや吐き気といった消化機能の異常が生じることがある。	2.1	1.3
Q25 早寝早起きをする。	1.8	0.94
Q26 定期的に運動をしている。	2.8	1.3
Q27 辛い食べ物をよく食べる。	3.0	1.6
Q28 一般的に他の人より厚着をしている。	2.1	1.2
Q29 今日、外の天候を考慮して厚着をしてきた。	3.5	1.3

Q8～Q29：5点尺度（1：全くそうでない、3：どちらともいえない、5：全くそうである）

[†] Park ら (2016)¹⁶⁾ 参考

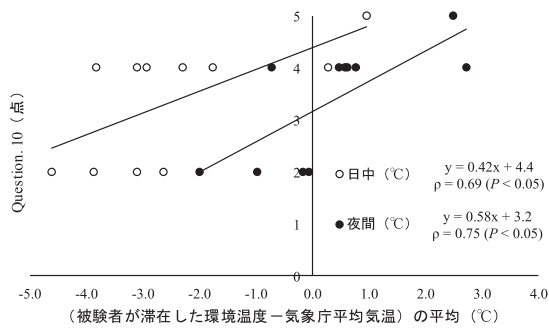


図4 日中及び夜間における温度環境[#]と主観的暑熱・寒冷耐性[†]の関連

[#] 被験者が滞在した環境温度 (TSS) から気象庁気温 (T-JMA) を減じた値 (Tdiff) の平均値

[†] Question. 10: 寒さに敏感である

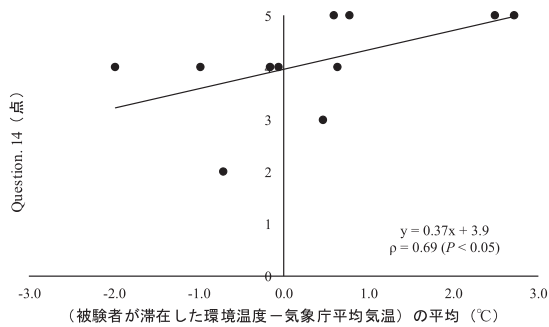


図5 夜間における温度環境[#]と主観的暑熱・寒冷耐性[†]の関連

[#] 被験者が滞在した環境温度 (TSS) から気象庁気温 (T-JMA) を減じた値 (Tdiff) の平均値

[†] Question.14: 夏場にたくさん汗をかく

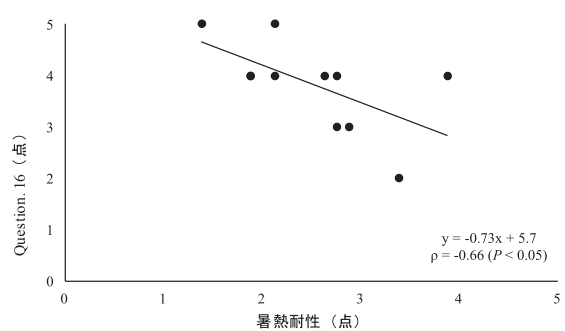


図6 暑熱耐性得点と主観的暑熱・寒冷耐性[†]の関連

[†] Question. 16: 夏季において、他の人に比べ頻繁に扇風機やエアコンディショナーを使用する

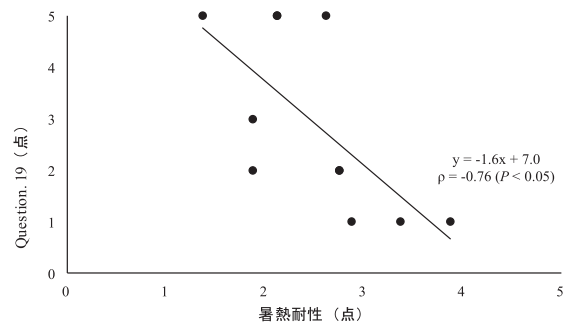


図7 暑熱耐性得点と主観的暑熱・寒冷耐性[†]の関連

[†] Question. 19: 暑い夏より、寒い冬の方を好んでいる

4. 考 察

本研究では、7～8月の6日間において、被験者が滞在した環境温度（TSS）を測定、記録し、気象庁公表のデータ（T-JMA）と比較検討した。その結果、大学生は夏季において日中のTSSはT-JMAより有意に低い温度環境下で生活していることが明らかとなった。日本の気候は温暖湿潤気候であり、夏は梅雨や台風により高温多湿環境になる¹⁸⁾。また太平洋高気圧の影響から全国的に晴れ、気温が30℃を超える日も多くなる¹⁸⁾。しかし、TSSはT-JMAより低い温度（ -2.4 ± 1.5 ℃）であったことから、気温が高い日中は、空調等による室温調節等を行い涼しい（快適な）環境下で生活していることが示唆された。また、日中と夜間の気温差について、TSSはT-JMAより有意に小さいことから、夏季において限られた範囲の狭い温度環境下で生活していることも明らかとなった。

夏季における温度環境について主観的暑熱・寒冷耐性との関連性を検討するために、アンケート調査の結果と比較を行った。その結果、日中及び夜間に温暖環境下で生活している人ほど寒さに対して敏感であることが明らかとなった。近年、熱中症対策や学力向上といった面から^{19,20)}屋内環境における冷房装置の設置が進み²¹⁾、またエネルギー消費が上昇している²²⁾。さらに、公共施設等では、個人が快適と感じる温度環境に自身で温度設定できない場合もある。これらの環境条件が存在するにもかかわらず、夏季に温暖環境下で生活することが冷えのような「寒さに対して敏感である」意識及び感覚が温度環境選択といった行動に影響を及ぼすことが推察される。また、夏季における夜間の温度環境について、夜間におけるTdiffと主観的暑熱・寒冷耐性調査の「Q14：夏場たくさん汗をかく」との間に有意な正の相関が認められたことから、温暖環境下に滞在・就寝している人ほど多くの汗をかいていることを自覚していることが明らかとなった。本研究におけるアンケート調査より、夜間の就寝時における冷房の使用は72.7%と高値であったが、その使用者の62.5%がタイマー機能によって使用時間を調整している結果であった。このことから、男子大学生は夜間における就寝時において、空調機器の使用を制限したことで汗をかく機会が比較的多いことが推察される。

主観的暑熱耐性得点（ST-Theat）と主観的暑熱・寒冷耐性（SI-T）の関連性を検討した結果、ST-Theatが高いほど「夏季において冷房装置を使用しない」及び「寒い冬より、暑い夏の方を好む」ことが明らかとなった。夏季の冷房使用頻度が多いことは、核心温及び平均皮膚温の上昇が小さい、発汗量が少ない、汗中のNa濃度が低いことから、暑熱耐性に影響を及ぼす

ことが報告されている⁸⁾。今回の結果からも、暑熱負荷実験における暑熱耐性の検討及び汗採取などは測定していないが、アンケート調査による自身の感覚・記憶より夏季における冷房使用と暑熱環境選択に関わる意識との関連性が示唆された。また熱帯環境に居住している人々は、発汗量を減少させることで暑熱環境下での生存を可能としている。これは、発汗反応閾値低下による速やかに発汗が起こるといった蒸発性熱放散（短期暑熱順化）とは全く異なる^{9,10)}。一方で、我々日本人は、多くの汗をかくことで蒸発性熱放散により暑熱環境下での生存を可能としているが、これは暑熱環境下における生体の温度暴露経験により鍛錬されることが報告されている¹⁰⁾。そのため、冷房使用が少ないほど主観的暑熱耐性に優れていること及び暑熱環境を好む意識の違いが存在していることを考えた場合、夏季における生体への段階的・積極的な暑熱暴露経験が暑熱適応策になると考えられる。

今後は、温冷感、屋内、屋外での活動状況について調査し、皮膚の温度感覚域（温度感受性）、また暑熱負荷実験を行い発汗といった暑熱耐性について分析することで行動性体温調節と温度適応の関連性をより詳細に検討する必要がある。また、可搬型温度測定器の取り扱い方法（装着や直射日光の影響など）についてもさらなる検討が必要である。

5. 結 論

夏季において男子大学生は、日常生活で空調設備による室温調節等により、気象庁公表の気温より低温環境下に滞在している。また、日中と夜間の気温差より、自然環境よりも限られた範囲の狭い温度環境下で生活している。夏季の温度環境とアンケート調査による主観的暑熱・寒冷耐性との関連性より、夏季における生体の暑熱暴露経験は温度耐性に影響を及ぼす可能性が示唆された。

近年、科学技術の進歩により一般家庭における冷暖房機器の設置が容易となり、人々は快適な環境下で生活している。しかし、これらの要因が暑熱順化に影響を及ぼすことが明らかとなった今、生活様式を見直す必要があると考えられる。

《謝 辞》

ご多忙の中にもかかわらず、温度環境実態調査及びアンケート調査を快く引き受けていただいた被験者の皆様、また実態調査及びアンケート調査実施に協力いただいた長崎大学環境科学部環境生理学研究室の皆様、に厚く御礼申し上げます。

《引用文献》

- 1) 環境省. 日本の気候変動とその影響－気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート－(2012)
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep130412/pamph_full.pdf
- 2) 環境省. クールビズ | COOLBIZ | COOL CHOICE 未来のために、いま選ぼう。
<https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/coolbiz/>
- 3) 佐々尚美, 久保博子, 磯田憲生, 梁瀬度子. 夏季における好まれる気温の個人差に関する研究. 日本建築学会計画論文集, 531: 31-35, 2000
- 4) 小川徳雄. 快適環境と至適環境. 日本生気象学会誌, 29(2): 97-100, 1992
- 5) 入来正躬. 体温生理学テキスト～わかりやすい体温のおはなし～. 文光堂, 136, 2003
- 6) 環境省. オフィス篇 | COOLBIZ | COOL CHOICE 未来のために、いま選ぼう。
<https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/coolbiz/office/>
- 7) 田中英登. 暑熱順化の意義－生活習慣と耐暑性発汗能－. 体力科学, 64(1): 80, 2015
- 8) 田井村明博, 管原正志, 松波 勝, 塚本絵里菜, 山崎真生. 夏季の生活環境の違いが暑熱耐性に与える影響. 体力科学, 61(6): 666, 2012
- 9) 松本孝朗, 小坂光男, 菅屋潤壹. 熱帯暑熱環境への適応. 日本生気象学会雑誌, 36(2): 65-69, 1999
- 10) 松本孝朗. 民族差と暑熱順化による修飾作用. 体温：－運動時の体温調節システムとそれを修飾する要因－. ナップ(平田耕造, 井上芳光, 近藤徳彦編), 168-179, 2002
- 11) Pandolf KB. Time course of heat acclimation and its decay. *Int Sports Med*, 19: S157-160, 1998
- 12) Nakayoshi M, Kanda M, Shi R, de Dear R. Outdoor thermal physiology along human pathways: a study using a wearable measurement system. *Int J Biometeorol*, 59: 503-515, 2015
- 13) 登内道彦, 横山 博, 佐々木喜一. ウェアラブル端末・小型温湿度センサーを用いた暑熱環境の測定. 日本生気象学会誌, 53(3): S36, 2016
- 14) 井上芳光, 東海美咲, 宮川しおり, 戸谷真理子, 一之瀬智子, 上田博之. 夏季生活環境下における高齢者の温熱環境. 日本生理人類学会誌, 21(1): 11-16, 2016
- 15) 山内正毅, 吉岡季里子. 寒暑耐性と性格との関係: 運動トレーニングの影響. 九州スポーツ心理学会抄録, 8(1): 52 - 53, 1996
- 16) Park J, Lee JY. Relationship of self-identified cold tolerance and cold-induced vasodilation in the finger. *Int J Biometeorol*, 60(4): 521-529, 2016
- 17) 気象庁. 過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>
- 18) 気象庁. 日本の天候の概要.
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kisetsu_riyou/tenkou/gaisetu.html
- 19) 須藤美音. 夏期の中学校における教室環境が授業理解・教育意欲に及ぼす影響. こども環境学研究, 1-8, 2013
- 20) 中井誠一. 熱中症の実態と予防策. 体力科学, 64(1): 7, 2015
- 21) 文部科学省. 公立学校施設の空調(冷房)設備設置状況調査の結果について(平成26年度報道発表)
- 22) 環境省. 2.7- 家庭部門.
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2013/yoin2_7.pdf

《連絡先》

藤森 加奈恵

〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14

長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科(環境科学領域) 環境生理学研究室

E-mail: bb53617113@ms.nagasaki-u.ac.jp

(2018年5月1日受付, 2018年8月1日採用決定, 討論受付期限2019年11月末日)