

暑熱環境下における高齢者の健康に関する住宅実測と被験者実験

—熱中症予防のための温熱環境設計指針の整備を目指して—

主査 源城 かほり*¹

委員 横江 彩*²

高齢者の住居における熱中症防除策を明らかにすることを目的として、夏期の室内環境と高齢者の健康に関する住宅実測と、高齢者の生理反応に関する被験者実験を実施した。住宅実測では、居室と非居室の室温差が大きくなるほど高齢者の脈圧が大きくなること等、室内熱環境と健康の間に関係があることが示唆された。また、居間や寝室の熱中症リスクを低減するための冷房の運転方法や、高い設定温度で冷房した場合でも熱中症リスクを低減可能な住宅性能を明らかにした。実験では、高齢者にとって暑熱順化の完成を早めるために入浴や運動が有効であることや、高めの室温設定で冷房運転をする方が生理心理的不快感が小さいことを明らかにした。

キーワード：1) 暑熱環境, 2) 高齢者, 3) 住宅, 4) 室内環境, 5) 健康,
6) 血圧, 7) 睡眠, 8) 実測, 9) 被験者実験, 10) 暑熱順化

HOUSE MEASUREMENT AND SUBJECT EXPERIMENT OF ELDERLY HEALTH UNDER HOT THERMAL ENVIRONMENT

-Aiming to develop thermal environmental design guidelines to prevent heatstroke-

Ch. Kahori Genjo

Mem. Aya Yokoe

To clarify measures to prevent heatstroke in the homes of the elderly, we carried out measurements of indoor environment and the physiological reactions of the elderly in homes, as well as subject experiments on the physiological reactions of the elderly in hot thermal environments. Measurements have shown that there is a relationship between indoor thermal environment and health. The operation of air conditioners to reduce the risk of heatstroke in occupied rooms has also been clarified. Experiments have shown that it is effective for elderly people to use bathing and exercise to hasten the completion of acclimatization to the heat.

1. 序論

1.1 研究背景

地球温暖化の急速な進展と気候変動により、夏期になると毎年、熱中症による救急搬送者数の急激な増加が見られる。総務省のデータ^{文1)}によると、5月から9月の熱中症による救急搬送者は2018年には95,000人余り見られ、ピークを示したが、2019年は71,000人余り、2020年は約65,000人（この年に限り調査期間が6月から9月）、2021年度は約48,000人と2020年以降はコロナ禍の影響もあってか減少が続いていたが、2022年度は約71,000人と再び増加に転じている。一方、熱中症による救急搬送者を年齢別に見ると高齢者が最も多く、2019年以降、50%以上を占めており、2022年には54.5%を占めている。2018年から2022年の各年の救急搬送の発生場所は住居が最も多く、各年とも40%前後を占めている。2022年度における人口10万人当たりの救急搬送者数を

都道府県別に見ると、鳥取県が最も多く99.75人であり、次いで鹿児島県97.84人、大分県91.47人、熊本県89.40人、佐賀県88.73人の順となっている。このように、熱中症による救急搬送者数は温暖地で多い傾向にあり、長崎県でも72.09人と全国的に見て17番目に多い。2022年においては、救急搬送者数は6月下旬から増加し始め、6月27日～7月3日の週に14,629人とピークを示しており最も多く、次いで8月1日～8月7日、7月25日～7月31日に7,422人、7,237人と多くなっていた。地球温暖化による夏期の早期化、高温化と急速な高齢化の進展を背景として、今後も夏期の熱中症による高齢者の救急搬送者が住居を中心として増加することが予想される。

1.2 日常生活における熱中症予防指針と高温環境指標

夏期の熱中症の急増を受けて、日本生気象学会では「日常生活における熱中症予防指針」が提案されており^{文2)}、

*¹長崎大学 教授 博士 (工学) *²中部大学 准教授 博士 (工学)

熱中症弱者として、高齢者、病人、障害のある人、幼児・学童への対応策がそれぞれ示されている。その中で、熱中症死亡者の約80%が高齢者であり、高齢者や基礎疾患を有する人は、体温調節機能が低く、熱中症に対して特に注意が必要であること、居室の温度が28℃を超えないよう冷房で調節することが予防策として挙げられている。

人間を含めた動物に及ぼす温熱ストレス度には温度だけでなく湿度、輻射熱、気流等の要因が影響している^{文3)}。近年、夏期において熱中症予防のための温度指標として利用されているのが湿球黒球温度（WBGT: Wet-bulb globe temperature、暑さ指数とも呼ばれる）であり、屋内または屋外で日射のない場合は下式で求められる^{文3)}。

$$WBGT=0.7\times\text{湿球温度}+0.3\times\text{乾球温度}$$

熱中症のリスクはWBGTの上昇に伴って上がり、WBGTがそれぞれ25℃未満では注意、25℃以上28℃未満で警戒、28℃以上31℃未満で厳重警戒、31℃以上で危険とされている。室温が25℃のとき、相対湿度が75%以上あればWBGTが25℃以上となるが^{文2)}、このような環境条件は夏期以前の春期においても起こり得る。特に、掃除（はく・ふく）や布団の上げ下ろし等の家事をしている場合のような生活活動が中等度以上の場合には、同じ環境条件でも熱中症のリスクが上がる^{文2)}。また、熱中症の発生は作業強度だけでなく、作業の持続時間によっても大きく影響される^{文2)}。このように、熱中症は、室内温度がそれほど高くなくても相対湿度が高い場合や生活活動強度が高い場合に十分起こり得る。それ故、特に体温調節機能が低下しがちな高齢者については、室内における温湿度の調節が不可欠であり、通風や着衣の調節だけで不足する場合には冷房設備も使用して室温を調整する必要がある。

1.3 耐暑能力の許容限界^{文3)}

暑さに対する耐性能力については、一般的に性差は小さいとされているが、性ホルモンの影響により男性よりも女性において、発汗反応が低く、温熱ストレス時の心拍数増加が女性においてより大きいこと、女性は形態的な特徴として、皮下脂肪が男性よりも厚いため、熱を外に逃がしにくいとされており、これらのことから、女性は男性よりも暑さに対する耐性は一般に低いと考える。

高齢者においては、熱中症の死亡者数が多いことからわかるように、暑さに対する耐性能力は機能的老化現象により低下する。遅い皮膚血管拡張、遅い発汗潜時により、また下肢から発汗機能の低下現象がみられるようになり、暑熱環境では高体温になりやすい。ただし、習慣的な身体運動トレーニングなどを行っている高体力高齢者においては、この発汗機能の低下が小さい^{文4)}。

耐暑能力には日常の生活習慣が影響している。日常の運動習慣は、身体運動による体内熱ストレスが加わることにより、発汗機能を亢進させる。現代生活において夏

期には不可欠な設備である冷房も、過度の使用によっては発汗機能を低下させることにつながるため、上手に冷房を使うことが必要である。

私たちの体は暑さに曝露されることにより、暑さに対する抵抗力が増強される。この増強のことを暑熱順化と呼ぶ。前述の「日常生活における熱中症予防指針」においても、本格的に暑くなる前に、体を暑さに慣らしておく暑熱順化によって体温上昇を抑制することが推奨されている^{文2)}。日本においては四季が存在するため、いったん夏の暑い期間を過ごすことにより暑熱順化が起こり、暑熱耐性能は亢進するが、気温が下がる冬期を経験することにより、夏期に備わった暑さに対する耐性能は低下してしまう。暑熱環境への繰り返し曝露による短期間の暑熱順化反応として、総発汗量の増加、発汗潜時の短縮、汗の塩分濃度の低下、循環血液量および体液量の増加などにより熱放散の促進が起こり、最終的に高温曝露時の体温上昇度は低く抑えられることになる。この短期間の暑熱順化は、毎日の暑熱ストレスにより約1週間程度で完成すると言われている。

1.4 加齢と血圧^{文3)}

安静時の収縮期血圧と拡張期血圧はいずれも加齢に伴って上昇するが、加齢による収縮期血圧の上昇は、拡張期血圧の上昇に比べて顕著である。血圧は身体活動（運動）や加齢の影響を大きく受けるだけでなく、食事・睡眠・入浴などといった日常生活によっても容易に影響を受け、日内変動も激しい。さらに、精神的なストレス・代謝状態・環境などに応じて血圧は大きく変動する。血圧の上昇が持続している状態は、高血圧症とされ、一定の血圧値を基準に診断される。高血圧は脳・心血管疾患（脳卒中および心疾患など）の最大の危険因子であると考えられており、我が国では高血圧に起因する脳・心血管疾患死亡者数は年間約10万人とされている。

1.5 既往研究

日本では住宅ストック約5,000万戸のうち、昭和55年省エネルギー基準を満たす住戸と無断熱住戸の割合の合計が67%を占めており、断熱性能が低い住宅の割合が非常に高い^{文5)}。国外ではイギリスで2011年に寒さによる健康被害の注意喚起がなされ、冬期の室内最低推奨室温として18℃以上が示されている他^{文6)}、WHOも2018年に冬季室温を18℃以上に保つように勧告しており、小児や高齢者にはそれ以上に暖かくすることを推奨している^{文7)}。国内では、国土交通省スマートウェルネス住宅等推進調査事業が2014年度から実施され、断熱改修等による居住者の健康への影響調査が進められており、日本の住宅は冬期の室温が低く、WHOの勧告を満たしている住まいは1割に止まっており^{文8)}、高齢者や女性ほど室温低下

が血圧上昇に及ぼす影響が大きいこと等⁹⁾、冬期の温熱環境については多くのエビデンスが得られ、科学的に実証されつつある。一方、夏期の住宅内温熱環境については、東京都多摩ニュータウン在住の50～90歳の男女46名に対して実施した実態調査から、エアコンの使用によって熱中症初期症状を抑制し得ること¹⁰⁾、夏期および冬期のフレイル（虚弱）高齢者9名の睡眠と寝室温熱環境の実態調査によって、夏期・冬期ともに就寝前にエアコンなどの冷暖房機器を切る者が多かったことや、寝室温度は夏に高温、冬に低温を示す傾向にあり、既往研究で調査されてきた活動的な高齢者と同様の傾向を示したこと、夏期は寝室温度が高温になるほど中途覚醒回数や姿勢変更回数が増え、睡眠の質を低下させている可能性があることが報告されている¹¹⁾。寝室だけでなく、居間も含めた夏期の室内温熱環境については、冬期のそれに比べれば未だ調査数が少ない。

高齢者の居住する住宅の室内温熱環境と健康に関する既往研究は冬期を調査対象時期としているものが多く（例えば文12）、文13）、高齢者の暑熱環境下での生理反応については、これまで主として実験室実験にて検討されてきた（例えば文14）、15）。都築らの60歳以上の健康な高齢者と若年者各100名ずつを対象とした調査では、中等度の温熱環境では両者の温冷感には差が認められなかったものの、31℃の暑熱環境では高齢者の方が青年に比べ中立側に申告しており、皮膚温や口腔温は高齢者の方が青年に比べ高かったが、体重減少量には両者の差が見られなかったことや、夏期において高齢者は冷感受性を低下させていることを明らかにしている¹⁴⁾。また、暑熱環境については、温度35℃、相対湿度70%の人工気候室での被験者実験を高齢者男性16名について実施していた研究があるが、高齢者は青年よりも暑さを感じておらず、不快の程度も高齢者の方が青年より小さかったことが報告されている¹⁵⁾。委員の横江は、60～75歳までの被験者11名を対象に、暑熱環境下における運動後の発汗量に関する実験室実験を盛夏期前と盛夏期後の二度にわたって実施しており、発汗量の最大値と最小値の差（以降、発汗

量差と呼ぶ）が筋肉量と関係があることや、盛夏期前は発汗量差が筋肉量の多少によらず被験者間に差は見られなかったが、盛夏期後は筋肉量が多い被験者の発汗量差が大きくなったことを明らかにしている¹⁶⁾。しかし、人工気候室において創り出される暑熱環境と、実際の住宅における暑熱環境とでは、高齢者が異なる生理反応を示す可能性がある。そのため、高齢者の熱中症予防のための住宅の温熱環境設計に当たっては、実住宅での暑熱環境下における高齢者の生理反応を考慮する必要がある。

1.6 研究目的

以上までに述べたとおり、高齢者の住宅における熱中症防除策を明らかにすることが急務である。本研究では、暑熱環境下での高齢者の生理反応を実住宅での実測と実験室実験を通じて、熱中症予防のための室温管理と適切な空調設備の使用法について明らかにし、温熱環境設計指針を整備することを目指す。

2. 調査対象と方法

2.1 暑熱環境下における住宅実測

表2-1に住宅実測の調査内容・調査方法を、写真2-1に住宅実測における生理反応測定の様子を示す。住宅実測では、67～85歳までの健康な高齢者18名（67～85歳までの健康な高齢男性10名、69～81歳までの健康な高齢女性8名）を対象に、長崎市及び長崎市近郊の住宅における夏期の室内熱空気環境と、暑熱環境が高齢者の健康（血圧、睡眠）に及ぼす影響に関する実測調査を実施した。調査時期は2022年7月中旬から8月下旬と、2023年6月下旬から7月中旬である。2022年度はI期（2022年7月11日～2022年7月21日）とII期（2022年7月25日～2022年8月3日）に分けて、各期間5軒ずつ、計10軒を対象として、高齢男性10名を9～10日間ずつ調査し、2023年度は6月下旬から7月下旬にかけて順次、高齢女性8名を各1週間ずつ、調査した。熱中症は急に外気温度が上昇した際に発症しやすいため、できるだけ本格的に暑くなる8月よりも早い時期であ

表 2-1 住宅実測の調査内容と調査方法

調査内容	調査方法
室内熱空気環境	①居間の床上0.1 m温湿度(RSW-20S)及び床上1.1 m温湿度、CO ₂ 濃度(HJ-CO2-LOG)、グローブ温度(直径75 mmグローブ球、RTW-30S)を10分間隔で連続測定する ②寝室の枕元温湿度、床上1.1 m温湿度、CO ₂ 濃度を10分間隔で連続測定する (2023年度は寝室のグローブ温度も居間と同様に調査) ③トイレの床上1.1 m温湿度を10分間隔で連続測定する
外気条件	最寄りの気象官署である長崎の気象データを気象庁ホームページより参照する
居住者の生理量	①1日2回(10時、14時)、血圧計(UA-561BLE Plus)を用いて家庭血圧を測定、記入してもらい ②無線通信端末FS-770(アコズ社)を入浴時以外は常時被験者の腰部に装着してもらい睡眠状態、活動量を測定し、測定データを睡眠-覚醒リズム研究用プログラムにて解析する ③ウェアラブル端末fitbit charge4を入浴時以外は常時腕に装着してもらい、fitbitアプリをインストールしたスマートフォンにてデータ収集し、専用アプリより各種睡眠指標を分析する (2023年度は③は実施せず) ④デジタル握力計(N-FORCE HG-200)を用いて握力を測定し、筋肉量を推定する
住宅・設備概要、被験者の健康状態	①住宅、空調設備の種類、設置場所や使い方、換気設備、給湯、住まい方、室内環境の問題点、健康状態、睡眠状況等をアンケートにて調査 ②OSA睡眠調査票MA版 ²⁾ を毎朝、前の晩の睡眠について記入頂き、主観的睡眠感を調査



写真 2-1 住宅実測における生理反応測定の様子

り暑熱順化していないと考えられる7月に調査を開始した。表2-2、表2-3に2022年度、2023年度の調査対象住宅概要と調査期間を示す。2022年度のID03と2023年度のID03は同じ住宅であるが、調査対象高齢者が異なる。調査時点における調査対象住宅の築年数は2022年度においては築22年から築61年の範囲にあり、平均築年数40.1年、2023年度においては築3年から築52年の範囲にあり、平均築年数22.8年であり、2022年度の方が古い住宅が多い。なお、ウェアラブル端末 fitbit

を用いた生理量の調査は2022年度のみ実施した。調査対象者には調査報告時に調査の謝礼をお渡しした。

2.2 暑熱環境下における被験者実験

若年層と高齢層を対象とした日ごころからの入浴方法の違いによる暑熱順化の違いを調べるため、暑熱環境下における被験者実験を行った。写真2-2に被験者実験で使用したエルゴメーターと実験室を示す。実験では、5、6月(盛夏期前)、7月(盛夏期)、9月(盛夏

表2-2 住宅実測の調査対象住宅概要(2022年度)と調査期間

ID	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
住戸形式	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	集合	戸建
建築年[年]	1990	1970	1993	1966	1961	1982	1986	1993	2000	1978
居住年数[年]	4	52	29	56	40	40	31	29	21	44
延床面積[m ²]	99.17	133.49	100	107	132.23	198.34	101.75	122.84	88.18	140
構造	木造	木造	木造	木造	木造	木造	木造	木造・軽量鉄骨造	鉄筋コンクリート造	鉄骨系プレハブ
階数	2階建て	2階建て	平屋	平屋	2階建て	2階建て	2階建て	2階建て	12階/14階建て	2階建て
壁の断熱材	あり	なし	あり	なし	なし	わからない	あり	わからない	あり	なし
居間の窓ガラス	3枚	単層	単層	単層	単層	単層	単層	単層	単層	単層
居間の窓サッシ	木製(新)	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ、木製(古)	アルミ	アルミ
改修や改築の場所	トイレ	トイレ、風呂、床、階段	外壁	トイレ、台所・風呂・洗面所の増築	トイレ、台所・風呂・洗面所、居間・寝室のバリアフリー化	トイレ、風呂のバリアフリー化	トイレ、風呂、洗面所、居間・廊下の床	増築あり	リフォームしていない	トイレ、台所、風呂、床、屋根追加
換気設備	あり	なし	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
冷暖房設備の種類	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房専用エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン
冷暖房設備の設置場所	居間、主寝室	居間、和室、主寝室、子供室	居間、和室、子供室	居間	居間、和室、主寝室	居間、主寝室	居間、和室、主寝室、子供室	居間、和室	居間、主寝室	居間、食堂、和室、主寝室
冷暖房設備使用開始時期	6月	6月上旬	6月下旬	使っていない	6月下旬	6月	6月上旬	6月下旬	6月	5月下旬
冷暖房使用時間帯	夕方から就寝時まで付ける	その都度、暑いと感じた時	夕方から就寝時まで付ける。就寝時タイマーで2～3時間	使わない	夕方から就寝時まで付ける	就寝時を除いて1日中付ける	1日中ほとんど付けばなし	昼間の暑い時間帯だけ付ける	1日中ほとんど付けばなし	1日中ほとんど付けばなし
冷暖房設備の室内環境で気になること(居間)	無回答	換気不足で部屋の空気が汚れる	特になし	冷暖房設備はない・使用しない	特になし	体全体が冷える	乾燥する	無回答	体全体が冷える。足下が寒い	乾燥する
冷暖房設備の室内環境で気になること(寝室)	無回答	換気不足で部屋の空気が汚れる	特になし	冷暖房設備はない・使用しない	特になし	体全体が冷える	体全体が冷える	冷暖房設備はない・使用しない	体全体が冷える。足下が寒い	乾燥する
居間冷暖房設定温度	26℃	27℃	28℃	無回答	24～28℃	27℃	27～28℃	28℃	28℃	27℃
寝室冷暖房設定温度	28℃	27℃	28℃	無回答	28℃	26℃	27～28℃	無回答	28℃	28℃
夏の寝室での空調について	タイマー(3時間で切)	無回答	特になし(再度夜中にタイマーセットする時もある)	無回答	無回答	無回答	エアコン・扇風機を1時間程度使用	無回答	無回答	タイマー運転がうまく設定できず、夜中や明け方に目が覚める
夏の結露	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	無回答	なし	なし
調査期間	I期(2022年7月11日～2022年7月21日)					II期(2022年7月25日～2022年8月3日)				

表2-3 住宅実測の調査対象住宅概要(2023年度)と調査期間

ID	01	02	03	04	05	06	07	08
住戸形式	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	戸建	集合
建築年[年]		2006	1971	1993	2012	1991	2003	2006
居住年数[年]		16	46	30	11	18	20	3
延床面積[m ²]		125.61	105.78	100	264.46	120.73	122.31	89.37
構造	木造	木造	木造	木造	木造	木造	鉄筋コンクリート造	木造
階数	2階建て	平屋	平屋	2階建て	2階建て	2階建て	2階建て	平屋
壁の断熱材	あり	あり	あり	あり	わからない	あり	あり	あり
居間の窓ガラス	単層	単層	単層	複層(2枚)	単層	複層(2枚)	複層(2枚)	単層
居間の窓サッシ	アルミ	アルミ	アルミ	断熱(樹脂)	アルミ	二重のアルミ	二重のアルミ	アルミ
改修や改築の場所	窓	トイレの水洗、洗面所、居間の断熱リフォーム	外壁	リフォームしていない	風呂釜、洗面所の床	リフォームしていない	リフォームしていない	トイレの壁・床の張り替え(入居前)
換気設備	あり	なし	なし	あり	なし	あり	あり	あり
冷暖房設備の種類	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房専用エアコン	冷暖房エアコン	冷暖房エアコン
冷暖房設備の設置場所	居間、食堂、和室、主寝室	居間、和室、主寝室、子供室	居間、主寝室、子供室	居間、主寝室、子供室	居間、和室、洋室	居間、食堂、和室、主寝室	居間、主寝室	居間、食堂、和室、主寝室、子供室
冷暖房設備使用開始時期	6月上旬	6月	6月下旬	5月下旬	7月上旬	7月	6月下旬	5月上旬
冷暖房使用時間帯	1日中ほとんど付けばなし	1日中ほとんど付けばなし	夕方から就寝時まで付ける	昼間の暑い時間帯だけ付ける。夕方から就寝時まで付ける	夕方から就寝時まで付ける	昼間の暑い時間帯だけ付ける。夕方から就寝時まで付ける	昼間の暑い時間帯だけ付ける。夕方から就寝時まで付ける	1日中ほとんど付けばなし
冷暖房設備の室内環境で気になること(居間)	足元が寒い	体全体が冷える	無回答	なかなか涼しくならない	なかなか涼しくならない	乾燥する。音がうるさい	乾燥する	体全体が冷える
冷暖房設備の室内環境で気になること(寝室)	無回答	体全体が冷える	無回答	体全体が冷える	冷暖房設備はない・使用しない	乾燥する	乾燥する	体全体が冷える
居間冷暖房設定温度	28℃	27℃	28℃	28℃	27℃	27℃	27℃	28℃
寝室冷暖房設定温度	28℃	28℃	28℃	28℃	無回答	29℃	27℃	29℃
夏の寝室での空調について	無回答	無回答	無回答	タイマー運転がうまく設定できず、夜中や明け方に目が覚める	無回答	特になし	特になし	無回答
夏の結露	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
調査期間	2022年7月3日～7月10日	2022年7月10日～7月18日	2022年7月7日～7月14日	2022年7月12日～7月19日	2022年7月12日～7月19日	2022年7月4日～7月11日	2022年7月4日～7月11日	2022年6月30日～7月7日

期後)に各2日間(計6日間),中部大学8号館環境実験室にて若年者と高齢者を対象とした被験者実験を行った。2022年度の被験者は男子大学生とシルバーセンター所属の高齢男性計20名(毎日必ず入浴する高齢者10名,日頃湯船に浸かって入浴をする習慣がある若年者5名,シャワーのみで入浴をする習慣がある若年者5名)であり,2023年度の被験者は高齢男性・女性の計20名である。温熱環境実験では,安静時間に過ごす空間を屋内想定室と,運動するための空間である屋外想定室(設定温度35℃)を用意し,運動後の屋内想定室滞在中の室温を2条件(2022年度はCase1:設定温度26℃一定,Case2:一定時間後に設定温度を26℃から28℃に変更,2023年度はCase1:設定温度29℃一定(2022年度住宅実測結果に基づき高めの冷房設定温度とした),Case2:24.5℃一定から20分後に空調運転停止)設け,被験者に発汗計と皮膚温計,血流計,鼓膜温計を装着した状態で前述の2室における生理反応を観察した。被験者は屋内想定室で20分間安静にした後,屋外想定室へ移動し10分間エアロバイクを漕ぎ,その後,再び屋内想定室へ移動し40分間安静にした。

3. 暑熱環境下における住宅実測

3.1 外気条件

外気条件には,調査対象住宅の最寄りの気象官署である長崎のデータを用いる^{文18)}。調査期間中の平均気温は

2022年28.2℃,2023年27.5℃で,7月下旬から8月上旬までを含む2022年の方が0.7℃高い。調査対象期間と同じ期間の標準年(2011年~2022年に基づく)における平均気温は2022年28.4℃,2023年26.3℃であり^{文19)},2022年は平年と同程度であったが,2023年は平年より1.2℃高く,7月にしては外気温度が高かった。なお,外気相対湿度は2022年度42~95%,2023年度51~94%の範囲にあった。

3.2 室内温度

各年度の実測期間中の調査対象住宅の居間における床上1.1m温度,床上0.1m温度をそれぞれ不在時と在室時ごとに分けて図3-1に示す。また,表3-1に示す各住宅の居間における冷房の使い方を,図3-1中の住宅IDの下に併せて示す。実測期間中の各住宅の居間床上1.1m温度は,2022年度のID08と2023年度のID04の2件を除き,在室時と不在時の間で有意差があり,そのうち2022年度の3件(ID02,03,07)及び2023年度の3件(ID02,05,08)の計6件を除けば,在室時の方が不在時よりも有意に低かった。この理由として,在室時に冷房設備を運転していることが影響していると推測される。また,居間床上0.1m温度も,2023年度のID04を除く全調査対象住宅において,在室時と不在時の間で有意差があり,そのうち2022年度の3件(ID02,03,07)及び2023年度の2件(ID05,08)の計5件を

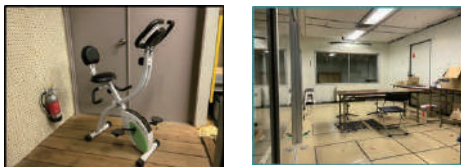


写真2-2 被験者実験で用いたエルゴメーターと実験室

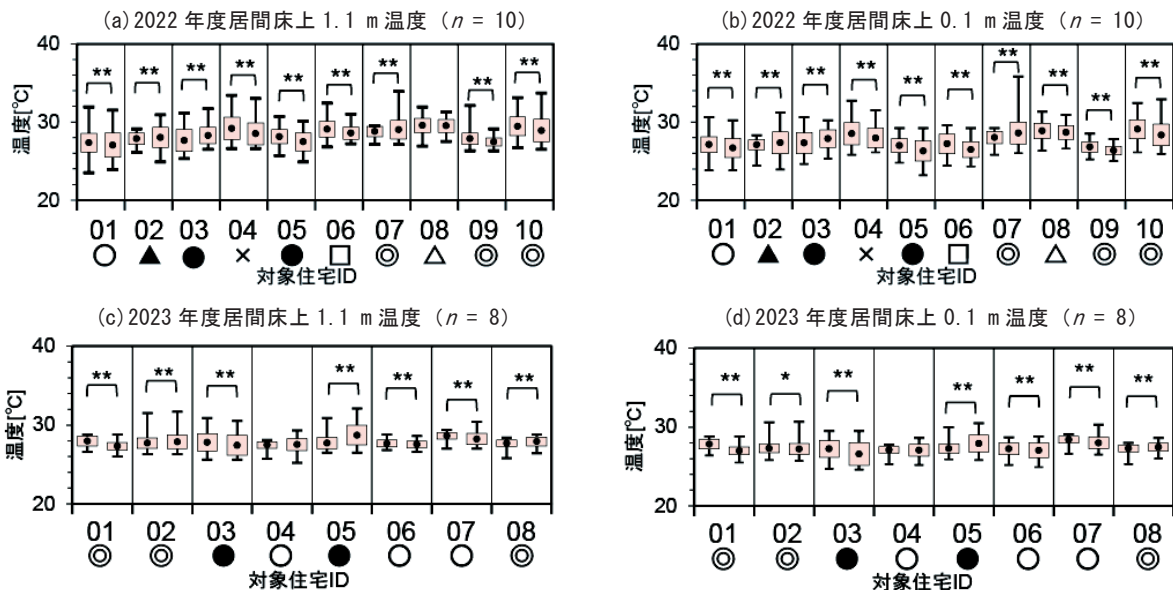


図3-1 各住宅の居間における床上1.1m温度と床上0.1m温度(左:不在時,右:在室時,**:p<0.01,*:p<0.05)

表3-1 居間の冷房の使い方に関する凡例

凡例 居間における冷房の使い方	
◎	ほぼ1日中使用
○	昼間の暑い時間帯、夕方から就寝時まで使用
●	夕方から就寝時まで使用
□	就寝時を除いて1日中使用
△	昼間の暑い時間帯だけ使用
▲	暑いと感じたとき使用
×	使用しない

除けば、在室時の方が不在時よりも有意に低かった。調査対象住宅 18 件の居間床上 1.1 m の在室時平均温度は 27.0~29.5℃の範囲にあり、居間床上 0.1 m のそれは 26.3~28.7℃の範囲にあった。熱中症予防のために室温が 28℃を超えないように積極的に冷房を使うことが推奨されているが^{文20)}、在室時の居間床上 1.1 m の平均温度が 28℃を上回ったのは 18 件中 9 件であり 5 割を占めた。一方、在室時の居間の最高温度は 28.6~33.9℃の範囲にあり、全対象住宅において 28℃を上回っており、さらに 18 件中 5 件 (2022 年度 ID08, 2023 年度 ID01, 04, 06, 08) を除く 13 件では 30℃を上回っていた。また、全般的に見て、2022 年度よりも 2023 年度の調査対象住宅の方が居間温度のばらつきが小さかった。この理由として、2023 年度の対象住宅の方が 2022 年度に比べ平均建築年数が短く新しい住宅が多かったことや、2022 年度の高齢女性の方が 2023 年度の高齢男性に比べ、冷房の使用頻度が高かったことに起因すると考えられる。18 件中、唯一、居間で冷房を使用していなかった 2022 年度の ID04 では、最高室温が 33.4℃と非常に高かったが、長年の冷房を使わない生活習慣に加え、対象住宅が高台に立地し、風通しが良かったために暑い中でも生活できていたと考えられる。なお、建築年数が古い住宅では、冷房を使用していても居間の最高温度が高く室温が上昇しやすい傾向が見られた。

次に、各年度の実測期間中の調査対象住宅の寝室床上 1.1 m 温度と枕元温度をそれぞれ不在時と在室時ごとに分けて図 3-2 に示す。また、表 3-2 に示す各住宅の寝室における冷房の使い方を、図 3-2 中の住宅 ID の下に併せて示す。実測期間中の調査対象住宅の寝室床上 1.1 m 温度は、2023 年度の ID07 (建築後 3 年以内で外皮平均熱貫流率 U_f 値 0.54 W/m²K と断熱性能が高い) の 1 件を除き、在室時と不在時の間で有意差があり、そ

のうち 2022 年度の ID06 及び 2023 年度の ID 08 の 2 件を除けば、在室時の方が不在時よりも有意に低かった。この理由として、在室時に冷房設備を運転していることが影響していると推測される。アンケートによれば、就寝時に冷房を全く使わない住宅は 2022 年度の ID04, 08 の 2 件のみで、それ以外の住宅では就寝時に寝室で冷房を使用していると回答されていた。寝室温度は不在時よりも在室時の方が大きく低下している住宅が多く見られ、この傾向は居間温度の在室時と不在時の温度の差に比べ顕著であった。また、枕元温度も寝室床上 1.1 m とほぼ同様の傾向が見られた。寝室床上 1.1 m の在室時平均温度は 26.6~30.2℃の範囲にあり、枕元温度のそれは 26.7~29.9℃の範囲にあった。在室時の寝室床上 1.1 m 温度は調査対象住宅 18 件中 6 件において、在室時の枕元温度は 18 件中 7 件において熱中症予防のための推奨温度である 28℃を上回っていた。在室時の平均枕元温度が 28℃を上回っていた 7 件のうち、冷房を使わない住宅 2 件 (2022 年度 ID04, 08) を除く 5 件 (2022 年度 ID06, 07, 2023 年度 ID06, 07, 08) の就寝時における冷房の使い方は、暑いと感じたときに使用する住宅が 1 件 (2022 年度 ID06)、エアコン・扇風機を 1 時間程度使用する住宅が 1 件 (2022 年度 ID07)、就寝時に 2~3 時間タイマー運転する住宅が 1 件 (2023 年度 ID08)、就寝中、冷房を使っている住宅が 2 件 (2023 年度 ID06, 07) であった。しかし、就寝時における寝室の平均温度が 28℃を上回っていても、2022 年度 ID07, 2023 年度 ID08 の 2 件では体が冷えると回答していた。

表 3-2 寝室の冷房の使い方に関する凡例

凡例	就寝時における冷房の使い方
○	使用する
△	就寝時に2~3時間タイマー運転
□	エアコン・扇風機1時間程度使用
▲	暑いと感じたとき使用
×	使用しない

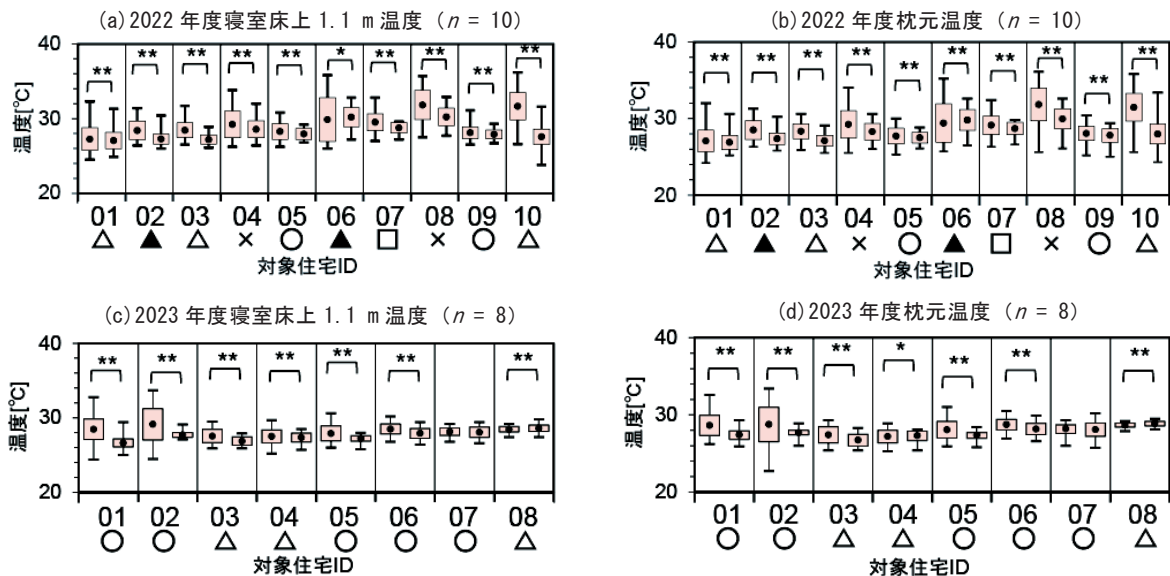


図 3-2 各住宅の寝室における床上 1.1 m 温度と枕元温度 (左: 不在時, 右: 在室時, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$)

実測期間中の調査対象住宅のトイレの床上 1.1 m 温度と外気温度を 2022 年度 I 期, II 期, 2023 年度に分けて図 3-3 に示す。実測期間中のトイレ床上 1.1 m 温度は、平均 27.5~30.3℃, 最高 28.7~34.8℃, 最低 25.0~27.9℃の範囲にあった。18 件中集合住宅 2 件 (2022 年度 ID09, 2023 年度 ID08) ではトイレ温度のばらつきが小さいのに対し、築年数の古い戸建住宅ではトイレ温度のばらつきが大きく、特に西日の影響を受ける住宅 (2023 年度 ID02) では最高温度が 35℃近くまで上昇していた。トイレには全対象住宅において冷房設備が設置されていない。トイレの温度は居間温度に比べ 0.3~0.8℃程度高くなり、最高温度の範囲は下限温度が低く、上限温度が高くなることによって広がり、最低温度は高温側にシフトして温度範囲は狭くなった。窓が設置されていない場合、外気に面していない位置にあるなど、外気の影響を受けづらい場合にはトイレの温度上昇は抑えられ、温度の変動も小さかった。

3.3 室内相対湿度

2022 年度, 2023 年度の実測期間中の調査対象住宅の居間, 寝室の床上 1.1 m 相対湿度をそれぞれ不在時と在室時ごとに分けて図 3-4 に示す。また, 前述の表 3-1, 表 3-2 に示した各住宅の居間, 寝室における冷房の使い方の凡例を 図 3-4 中の住宅 ID の下に併せて示す。実測期間中の調査対象住宅の居間床上 1.1 m 相対湿度は 18 件中 2022 年度の ID08, 09 の 2 件を除く 16 件で、また寝室床上 1.1 m 相対湿度は 18 件中両年度の ID02 の 2 件 (両住宅とも居間, 寝室が続き間となっている) を除く 16 件で、それぞれ在室時と不在時の相対湿度の間に有意差があった。居間, 寝室において在不在によって相対湿度の有意差が見られた住宅では、一部の住宅を除き在室時の方が不在時に比べ相対湿度が低い住宅が多い。これは在室時の冷房運転による除湿の影響だと考えられる。なお、在室時の平均相対湿度は 2022 年度の ID01 では、居間 53%, 寝室 55%と低かったが、そ

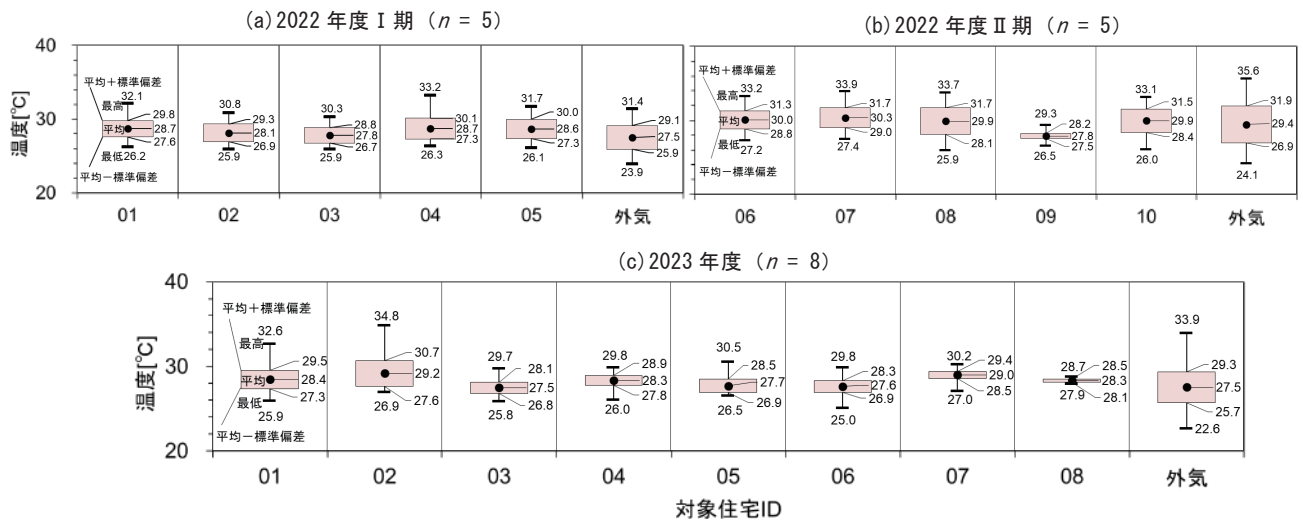


図 3-3 各住宅のトイレにおける床上 1.1 m 温度と外気温度

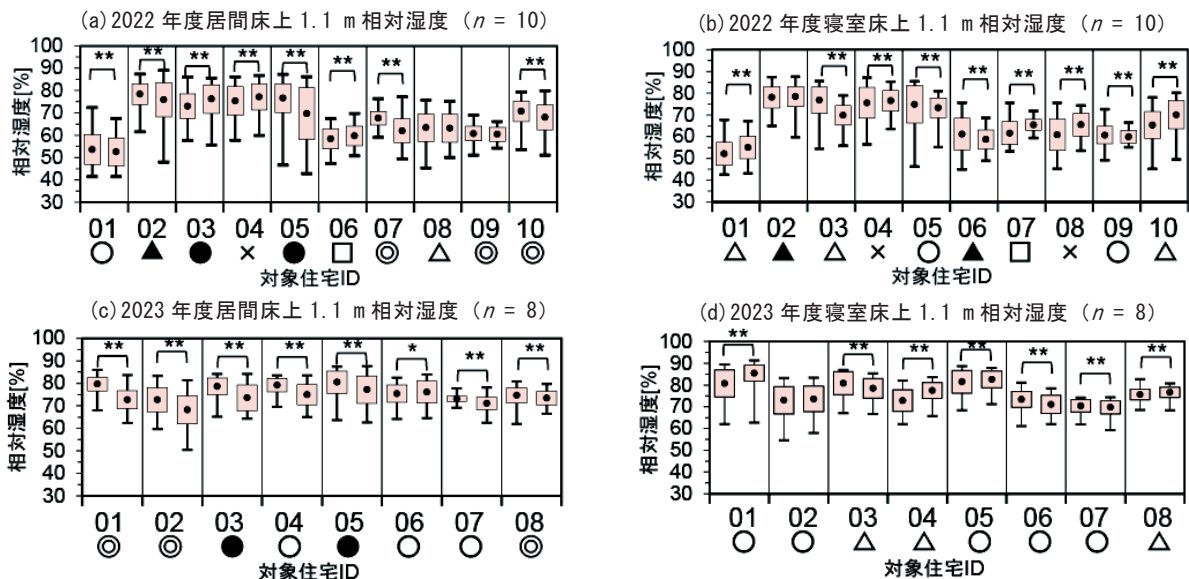


図 3-4 各住宅の居間, 寝室における床上 1.1 m 相対湿度 (左: 不在時, 右: 在室時, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$)

れ以外の16件の住宅では、居間で10件、寝室で11件において相対湿度が70%を上回り高湿な環境にあった（うち1件は冷房不利用の2022年度のID04である）。

3.3 WBGT (Wet bulb globe temperature)

アンケート調査の在宅時間を参照して、在室時における居間、寝室（2023年度のみ）のWBGT（湿球黒球温度）を算出し、熱中症リスクを評価した^{文21)}。2022年度、2023年度の居間WBGTのリスク評価結果をそれぞれ、**図3-5**、**図3-6(a)**に示すとおり、全調査対象18件のうち6件でWBGTが28~31℃の嚴重警戒域が0.2~8.2%の割合で見られたが、**図3-6(b)**に示すとおり、2023年度の寝室WBGTは全ての住宅で嚴重警戒域に含まれる割合は0%であった。これは対象住宅において寝室において就寝時に冷房を使用する(○)、あるいは2~3時間タイマー運転する(△)など、就寝時に冷房が運転されていたためと考えられる。なお、居間ではWBGTが25~28℃の警戒の割合（以降、警戒域と呼ぶ）の方がWBGTが25℃未満の注意の割合（以降、注意域と呼ぶ）よりも高い住宅が18件中11件を占めている。**表3-3(a)**に示す居間における冷房の使い方別に比較すると、

調査対象住宅18件中、冷房をほぼ1日中使用する住宅(◎)6件のうち4件と、夕方から就寝時まで使用する住宅(●)4件のうち1件と、冷房を昼間の暑い時間帯と夕方から就寝時まで使用する住宅(○)4件のうち1件では、警戒域に比べ注意域の割合の方が高くなっており、居間における熱中症のリスクが低いと評価された。2023年度においては、冷房の使い方の観点からは熱中症のリスクが低いと考えられる住宅においても警戒域の割合の方が注意域に比べて高い住宅が多いのは、2023年度の調査対象者が全員女性であり、冷房設定温度が27~28℃と控えめであるためであると考えられる。なお、2023年度の対象者のうちほぼ1日中冷房を使うと回答したID01とID02は男性高齢者が同居しているが、ID08には男性高齢者がいないこともWBGTに影響を及ぼしている可能性がある。なお、**図3-6(b)**において寝室のWBGTの注意域と警戒域を比べると、ID07を除く7件では、警戒域の割合の方が注意域に比べ高い。特にID08では在室時の寝室のWBGTの99.3%が警戒域となっている。一方、ID07では断熱性能が8件中最も高く、寝室冷房設定温度が27℃と他の住宅よりもやや低いため、注意域の割合の方が警戒域よりも高く、寝室における熱中症リスクが8件中最も低いと考えられる。

■注意:25℃未満 ■警戒:25~28℃ ■嚴重警戒:28~31℃ ■危険:31℃以上

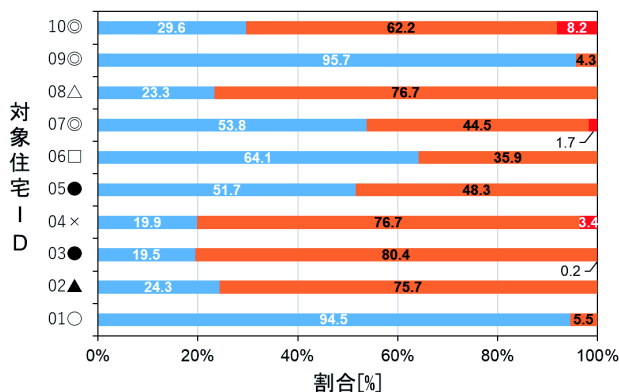


図3-5 在室時における居間のWBGTによる熱中症リスク評価（2022年度（n = 10））

表3-3 冷房の使い方に関する凡例

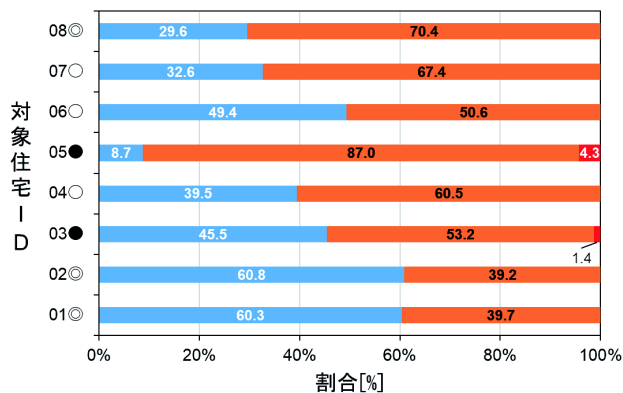
(a) 居間	
凡例	居間における冷房の使い方
◎	ほぼ1日中使用
○	昼間の暑い時間帯、夕方から就寝時まで使用
●	夕方から就寝時まで使用
□	就寝時を除いて1日中使用
△	昼間の暑い時間帯だけ使用
▲	暑いと感じたとき使用
×	使用しない

(b) 寝室	
凡例	就寝時における冷房の使い方
○	使用する
△	就寝時に2~3時間タイマー運転
□	エアコン・扇風機1時間程度使用
▲	暑いと感じたとき使用
×	使用しない

(a) 居間

(b) 寝室

■注意:25℃未満 ■警戒:25~28℃ ■嚴重警戒:28~31℃ ■危険:31℃以上



■注意:25℃未満 ■警戒:25~28℃ ■嚴重警戒:28~31℃ ■危険:31℃以上

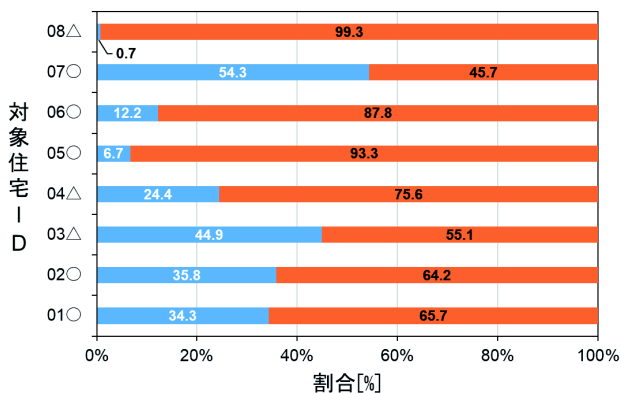


図3-6 在室時における居間、寝室のWBGTによる熱中症リスク評価（2023年度（n = 8））

3.4 室内空気環境

調査対象住宅の団らん時（17時～22時）における居間の床上1.1mのCO₂濃度を年度別に図3-7に示す。居間のCO₂濃度は平均563～1014ppmの範囲にあり、調査対象住宅18件中2件で居間の平均CO₂濃度が1000ppmを超えていた。居間のCO₂濃度の最高は703～1955ppmの範囲にあり、最高濃度が1000ppmを超えている住宅は18件中12件である。冷房を使用しない2022年度のID04では居間のCO₂濃度は最高でも508ppmと、他の住宅に比べかなり低い。換気設備が設置されていない11件の住宅（2022年度ID01, 03を除く8件, 2023年度ID01, 04, 06, 07, 08を除く3件）では、冷房使用頻度が高くなる団らん時において換気に心がける必要がある。

3.5 室内熱環境と健康との関係

夏期の住宅における室内熱環境と健康の関連については、図3-8に示すとおり、居間とトイレの日平均室温差と脈圧（収縮期血圧と拡張期血圧の差）の間に中程度の相関がみられ、室温温度差が大きくなるほど、脈圧が高くなる傾向がある。その傾向は2022年度の調査対象である男性の方が2023年度の調査対象である女性に比べて強かった。なお、一般的に高齢男性に比べ、高齢女性の方が脈圧が低い傾向があった。室温温度差と脈圧の間の関係に、降圧剤の服用の有無による違いは

見られなかった。

次に、図3-9に枕元平均温度と睡眠効率の関係を示す。枕元平均温度と睡眠効率はそれぞれ実測期間中の調査対象住宅ごとの平均である。2023年度の調査対象である高齢女性8名では枕元平均温度が上昇すると睡眠効率が低下する傾向が見られたが、2022年度の調査対象の高齢男性10名では逆の関係が見られた。

図3-10に就寝時（22時～翌6時）における日ごとの寝室枕元温度とOSA睡眠調査票^{文17)}より算出される主観的睡眠感の5因子^註の平均得点を示す。寝室枕元温度が低い住宅の居住者は睡眠感の5因子平均得点も高い傾向がやや見られた。しかし、寝室枕元温度が高くても、睡眠感の5因子平均得点が高い住宅が一部見られることから、居住者が気付かぬうちに熱中症を発症してしまうリスクがあるため注意が必要である。なお、就寝時の寝室枕元温度は、両年度とも平均が27.8℃であり同程度であるのに対し、睡眠感の5因子の平均得点は2022年度54.6点、2023年度45.1点と2022年度の調査対象である高齢男性の方が2023年度の調査対象である高齢女性に比べ主観的睡眠感の評価点が高かった。

4. 暑熱環境下における被験者実験

4.1 2022年度実験結果

生理量の実験結果のうち、深部体温である鼓膜温を

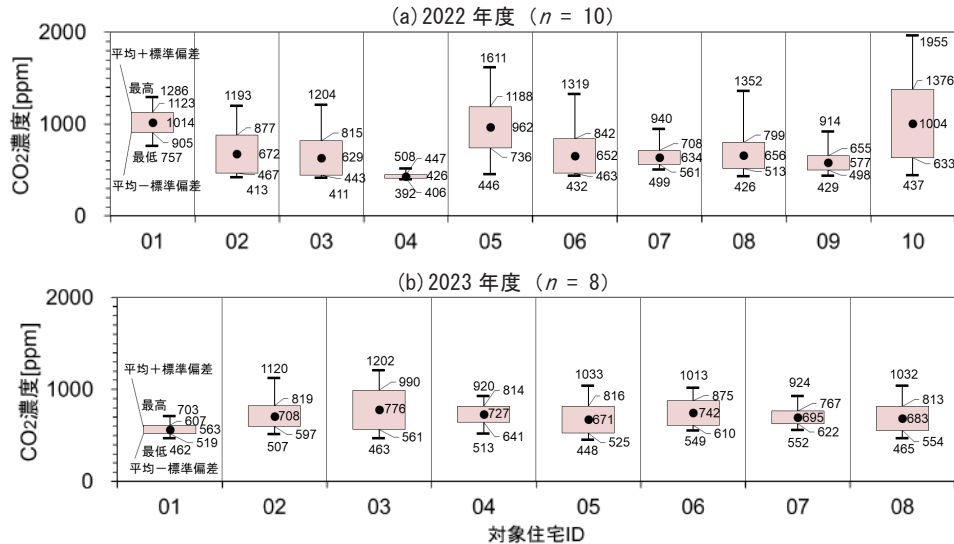


図3-7 団らん時における居間CO₂濃度

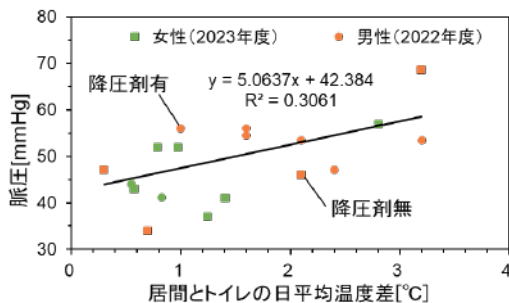


図3-8 居間とトイレの日平均温度差と脈圧の関係

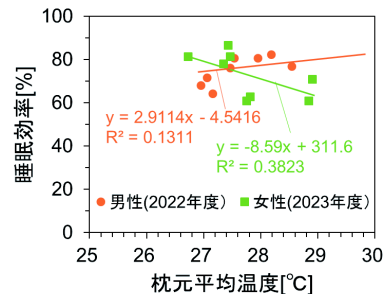


図3-9 枕元平均温度と睡眠効率の関係

若年男性と高齢男性で比較すると、図 4-1 に示すとおり、高齢男性は若年男性に比べ盛夏期前と盛夏期・盛夏期後の差が大きかったことから、盛夏期前には暑熱順化が完成していなかったと考える。また、図表は省くが、胸部発汗量が多いほど深部体温が低下する傾向が見られた。高齢男性は暑熱順化しているものの、発汗量からは暑熱順化していることが分かり難かった。以上より、高齢男性に比べ若年男性の方が盛夏期前から暑熱順化が完成しており、また、発汗量の上昇と深部体温の低下という結果からも暑熱順化が完成していると考えられる。しかし、生理量においては、被験者の日頃の入浴方法の違いによる顕著な差は見られなかった。また、心理量については高齢男性と若年男性の違いが見られなかった。これらのことから、若年男性の暑熱順化には浴槽に浸かるか否かといった入浴方法の違いの影響はあまり見られず、高齢男性の暑熱順化には個人差や年齢差による身体機能の差があったと考えられる。以上より、高齢男性は、年齢や身体機能の差によって暑熱順化の完成が遅くなると考えられる。一方、若年男性は入浴方法の違いによる差は見られなかったが、入浴行為自体は熱中症予防対策として有効と考えられる。入浴習慣の違いによる若年男性の生理量の差は盛夏期前にはあまり見られず、盛夏期から顕著に見られるようになったことから、盛夏期において、若年男性でも、シャワーだけの入浴でなく湯船に浸かるのが望ましい。最後に、高齢者の暑熱順化が完成しているか否かを本実験結果から読み取ることは困難であった。また、若年男性の暑熱順化の完成に対して入浴は効果的であるが、入浴方法の違いによる生理・心理量の差は見られなかった。

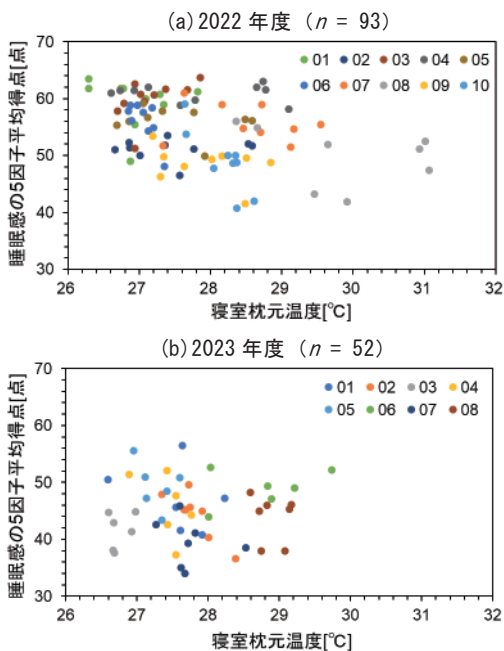


図 3-10 就寝時 (22 時～翌 6 時) における寝室枕元温度と睡眠感^注の関係

4.2 2023 年度実験結果

高齢者男女被験者計 20 名の体組成に関して、体脂肪率では男女差はなかったが、筋肉率と基礎代謝は女性の方が高かった。2023 年度は盛夏期の室温調整に不具合があったため、実験が完了した盛夏期前の結果のみを示し、主に男女差および Case による違いを述べる。図 4-2 に示す平均皮膚温の結果から、Case による皮膚温の変化の仕方は室温に依存するところがあるものの、実験終了時には性別及び Case によらず 33℃付近に至っていることが分かる。同様の傾向が血流量でも見られる (図 4-3 参照)。他方、心理量では Case2 において女性被験者が実験終了時にかけて不快側の申告をする傾向にあった。このときの寒暑感を見ると、実験終了時にかけて暑い側の申告を行う傾向にあった (図 4-4 参照)。以上より、盛夏期前の暑熱順化している前と考えられる身体状態においては室内設定温度が 29℃と高めであっても生理心理的に不快にはならない可能性があるが、24.5℃と低めである

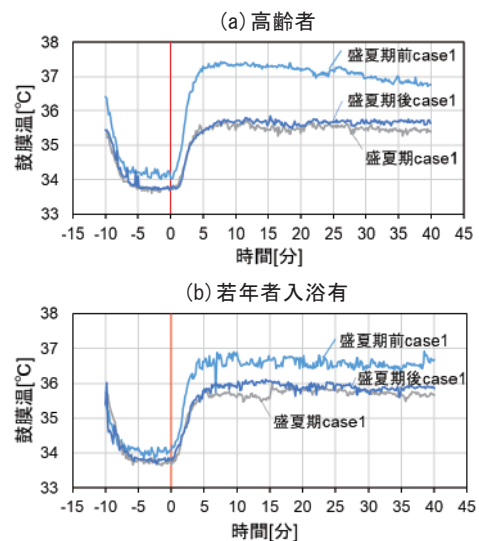


図 4-1 盛夏期前・盛夏期・盛夏期後の鼓膜温の経時変化に関する被験者実験結果 (2022 年度)

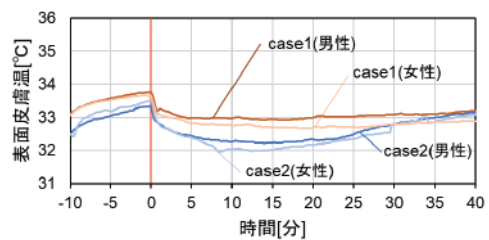


図 4-2 盛夏期前の平均皮膚温の経時変化 (2023 年度)

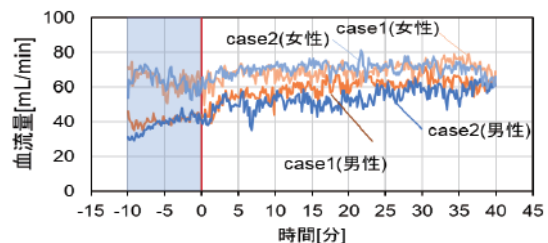


図 4-3 盛夏期前の血流量の経時変化 (2023 年度)

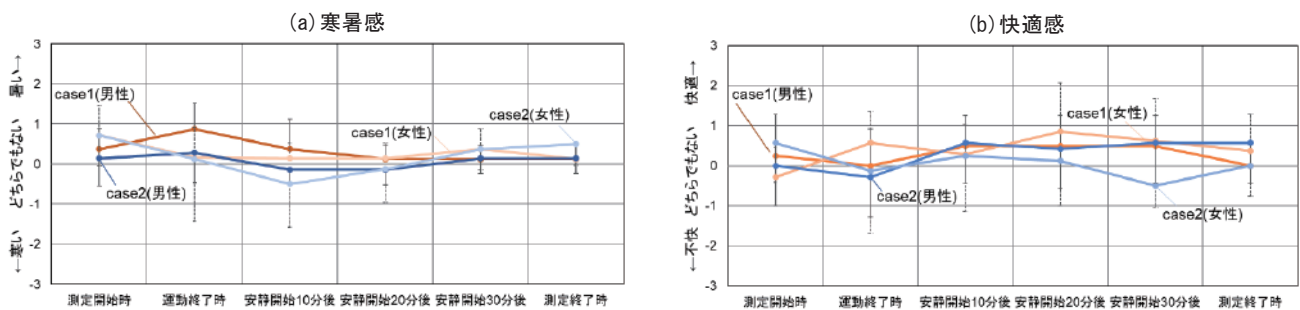


図 4-4 盛夏期前の心理量（寒暑感・快適感）の経時変化（2023 年度）

と皮膚温は低下し不快ではないが寒さを感じ、空調を停止すると室温上昇に伴って皮膚温は定常状態に戻るものの、心理的には暑さを感じ不快を示す可能性が特に女性において顕著であった。

5. 暑熱環境下における高齢者の室内熱環境と健康

5.1 住宅実測から得られた知見

- 対象住宅 18 件中、居間で冷房を使用しない住宅は 1 件、寝室で冷房を使用しない住宅は 2 件あった。また、居間で終日冷房運転していた住宅は 17 件中 6 件、寝室で就寝時に冷房を連続運転していた住宅は 16 件中 7 件であり、過半数の住宅ではエアコンを間欠運転している実態が明らかになった。また、冷房設定温度は 27～28℃とやや高めで運転している住宅が多かった。冷房の使い方の違いは住宅の室内熱環境に大きく影響を及ぼしていたが、その影響の強さは住宅の築年数の違いによって異なっていた。
- 実測期間中の在室時平均居間、寝室の床上 1.1 m 温度はそれぞれ 27.0～29.5℃、26.6～30.2℃の範囲にあり、居間では 18 件中 9 件、寝室では 18 件中 6 件で熱中症予防のための推奨温度である 28℃を上回っていた。しかし、就寝時の寝室平均温度が 28℃を上回っている住宅の居住者の中には体が冷えると回答していた住宅もあり、高齢者の体感温度には個人差が大きい。また、建築年数が古い住宅では、冷房を使用しているにもかかわらず居間の最高温度が高くなり、室温が上昇しやすい傾向があった。
- 実測期間中におけるトイレの床上 1.1 m 温度の平均は 27.5～30.3℃の範囲にあった。築年数の古い戸建住宅ではトイレ温度のばらつきが大きく、特に西日の影響を受ける住宅では最高温度が 35℃近くまで上昇していた。トイレは全対象住宅において非空調室であったが、トイレ内に窓がない場合や、外気に面しておらず、外気の影響を受けづらい場合にはトイレの温度上昇が抑えられ、温度変動も小さかった。
- 対象住宅 18 件のうち 6 件において、在室時の 0.2～8.2%の範囲で居間の WBGT が嚴重警戒域にあった。また、2023 年度の高齢女性を対象とした調査において、寝室でも WBGT を算出した結果、冷房の使

い方の観点からは熱中症のリスクが低いと考えられる住宅においても冷房設定温度が 27～28℃と控えめであるために、WBGT の警戒域の方が WBGT の注意域に比べて大きい住宅が 8 件中 7 件を占めていた。就寝時に冷房を連続運転している住宅では WBGT の注意域が 6.7～54.3%の範囲にばらついてしたが、8 件中最も熱中症のリスクが低かったのは、全対象住宅のうち最も断熱性能が高い住宅であった。このように断熱性能が高い住宅では控えめな冷房設定温度であっても寝室における熱中症リスクを効果的に低減できる可能性が示唆された。

- 居間とトイレの日平均室温温度差と脈圧の間に中程度の相関がみられ、室温温度差が大きくなるほど、脈圧が高くなる傾向があった。
- 2023 年度の高齢女性 8 名において、枕元温度が上昇すると睡眠効率が低下する傾向が見られた。

5.2 被験者実験から得られた知見

- 高齢男性は暑熱順化の完成が遅く、完成を早めるための手段として入浴や運動の活用が有効である。
- 高齢女性は高齢男性に比べ、室温の変化に敏感であり、それによって心理的な不快感が生じやすい。
- 省エネルギーを考慮した場合の冷房運転方法として、高齢者にとっては低めの室温設定（24.5℃）で短時間、運転した後に空調を停止するよりも、高めの室温設定（29℃）で運転する方が不快感が小さい。

6. 結論

夏期の住居における高齢者の熱中症予防のために、冷房の使用は不可欠であると考えるが、住宅実測の調査対象の中には長年の習慣により高温な室内環境であっても、立地上、通風が得られるために一日中あるいは昼間に冷房を使っていない高齢者が一部見られた。また、室温が熱中症予防のための推奨温度である 28℃を上回っていても、体の冷えを感じているケースが特に高齢女性で数名見られ、男女差や個人差が大きいことがわかった。住宅実測では、調査対象住宅 18 件のうち 1 件を除いて、居室において冷房が使用されていたが、その殆どは間欠運転であった。居間において、暑いと感じたときや昼間の

暑い時間帯にだけ 27～28℃の高い設定温度で冷房設備を使用する方法では建築後 30 年以上が経過した断熱性能が低い住宅では冷房不足であり、ほぼ 1 日中冷房運転しなくとも、就寝時を除いて 1 日中冷房運転したり、昼間の暑い時間帯と夕方から就寝時まで冷房運転したりすることで、在室時の居間温度を不在時よりも有意に低く維持できることが住宅実測から示された。また、6・7 地域の HEAT20 G 1 相当 (U_A 値 0.56 W/m²K) の高い断熱性能を持つ住宅であれば、寝室において就寝時に冷房設定温度 27℃にて連続運転することで、熱中症リスクを低減できることが実測より示された。さらに、就寝時の枕元温度が睡眠効率に影響を及ぼしていたことから、冷房使用による室内環境調整は睡眠状態を改善し、高齢者の健康性向上に寄与する可能性がある。他方、猛暑の中、居室では冷房による室温調整がなされていた一方で、非居室のトイレには冷房設備が設置されておらず、対象住宅の中にはトイレ温度が外気温度近くまで上昇し、居室との室間温度差が最大 5℃付いてしまう事例が見られた。このように、非居室であるトイレには空調設備が設置されていない住宅が多く、冬期においては夏期よりも室間温度差が大きくなる恐れがあるため、非居室にて外気の影響を受けにくくする設計上の工夫が必要である。

一方、被験者実験より、高齢者は若年者よりも暑熱順化の速度が遅いことが確認されたため、浴槽に浸かる入浴のみならず、日常的に運動等を取り入れて積極的に暑熱順化することで、盛夏期前に暑熱順化が完成し、熱中症を予防することができるであろう。夏期における住居での在室時の冷房運転方法として、生理心理的負担の小さいやや高めの設定温度 (例えば 29℃) にて連続運転するのが望ましい。

<謝辞>

住総研の研究助成のほか、調査対象をご紹介いただいた長崎市老人クラブ連合会の関係各位ならびに調査に協力いただいた会員の皆様に御礼申し上げます。長崎市老人クラブ連合会を紹介頂いた長崎県立大学看護栄養学部准教授山口多恵先生にも御礼申し上げます。その他、有限会社四季工房様にも調査対象住宅を紹介頂きました。関係各位にここに記して謝意を表します。

<注>

標準化得点として、因子Ⅰ：起床時眠気、因子Ⅱ：入眠と睡眠維持、因子Ⅲ：夢み、因子Ⅳ：疲労回復、因子Ⅴ：睡眠時間の 5 因子の得点が 100 点満点で算出され平均は 50 点である。

<参考文献>

- 1) 総務省消防局：令和 4 年 (5 月から 9 月) の熱中症による救急搬送状況 (報道資料)、
<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post1.html>, 令和 4 年 10 月 28 日。
- 2) 日本生気象学会：「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 4, 2022 年。
- 3) 村木里志, 長谷川博, 小川景子：人間の許容・適応限界事

典, 朝倉書店, p. 19, p. 523, p. 527, 2022.

- 4) 井上芳光, 上田博之：高齢者における運動時の発汗及び皮膚血流反応, デザントスポーツ科学, 20, pp. 87-98, 1999.
- 5) 第 1 回脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会資料 5, 2021.
- 6) イングランド公衆衛生庁：イングランド防寒計画, 2015.
- 7) WHO：HOUSING AND HEALTH GUIDELINES, 2018.
- 8) Umishio W. et al.：Disparities of indoor temperature in winter: A cross-sectional analysis of the Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan, *Indoor Air*, 30(6), pp. 1317-1328, 2020.
- 9) Umishio W. et al.：on behalf of the SWH Survey Group. Cross-Sectional Analysis of the Relationship between Home Blood Pressure and Indoor Temperature in Winter, A Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan, *Hypertension*, 74(4), pp. 756-766, 2019.
- 10) 倉部豊弘他：住まいと住まい方が高齢者の熱中症初期症状に及ぼす影響の夏季実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 53-54, 2016.
- 11) 城戸千晶, 久保博子, 東実千代, 佐々尚美, 磯田憲生：夏期および冬期におけるフレイル高齢者の睡眠と寝室温熱環境の実態, 人間と生活環境, 28(2), pp. 107-114, 2021.
- 12) 長谷川兼一他：脳卒中死亡に関する住環境要因に関する調査研究—山形県郡部を対象としたアンケート調査—, 日本建築学会環境系論文集, 85(768), pp. 169-176, 2020.
- 13) 森郁恵他：窓の断熱改修が住宅の温熱環境と高齢者の生活および健康に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 79(706), pp. 1061-1069, 2014.
- 14) 都築和代, 水野一枝：中等度温熱環境における高齢者の温熱環境特性に関する研究, 日本家政学会研究発表要旨集, 56 巻, 2004.
- 15) 都築和代：暑熱環境における高齢者の体温調節に関する研究, 日本家政学会研究発表要旨集, 65 巻, 2013.
- 16) 横江彩, 山羽基：夏期における熱的弱者の過ごす温熱環境調査と暑熱順化の可能性, 日本建築学会大会学術講演梗概集(選抜梗概), D-1, pp. 1139-1142, 2020.
- 17) 山本由華史他：中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調査票 (MA 版) の開発と標準化, 脳と精神の医学 10, pp. 401-409, 1999.
- 18) 気象庁：過去の気象データ検索,
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>
- 19) 株式会社気象データシステム：標準年 EA 気象データ 2020 年版 (2011-2020 年に基づく) DVD, 2022.
- 20) 日本生気象学会：日常生活における熱中症予防 (第 3 版), p. 11, 2023.
- 21) WBGT 計算サービス, ビーパワーワークス,
titan-sensors-apps-py-view.azurewebsites.net

<研究協力者>

- | | |
|------|------------------------------|
| 宮元亜優 | 長崎大学大学院工学研究科博士前期課程 2 年 |
| 宮崎翔太 | 長崎大学工学部卒業生 (令和 4 年度当時 4 年) |
| 山口勇也 | 長崎大学工学部卒業生 (令和 4 年度当時 4 年) |
| 小倉卓也 | 長崎大学工学部工学科構造工学コース 4 年 |
| 中野耕太 | 長崎大学工学部工学科構造工学コース 4 年 |
| 渡邊敏基 | 中部大学大学院工学研究科建設工学専攻博士前期課程 2 年 |
| 朝倉将貴 | 中部大学工学部卒業生 (令和 4 年度当時 4 年) |
| 寺西優人 | 中部大学工学部卒業生 (令和 4 年度当時 4 年) |
| 高田心奈 | 中部大学工学部建築学科 4 年生 |
| 堀内清弘 | 中部大学工学部建築学科 4 年生 |