

冬場の安定した熱環境での睡眠効率に関する基礎調査

太田周彰¹⁾, 西野秀樹²⁾, 山内泰樹³⁾, 木村 文雄³⁾

¹⁾安田女子大学理工学部, ²⁾株式会社Gハウス, ³⁾山形大学大学院理工学研究科

Sleep Efficiency during Winter in Thermally Stable Bedrooms: An Exploratory Field Study

Noriaki Oota¹⁾, Hideki Nishino²⁾, Yasuki Yamauchi³⁾, Fumio Kimura³⁾

¹⁾Faculty of Science and Engineering, Yasuda Woman's Univ., ²⁾G HOUSE Co.,Ltd., ³⁾Graduate School of Science and Engineering, Yamagata Univ.

Abstract: We compared sleep efficiency and subjective sleep quality (OSA-MA) between a thermally stable, highly insulated model house bedroom and participants' own bedroom during winter. Six healthy men underwent three consecutive recording nights in the model house and at home; analyses used nights 2 and 3 to minimize first-night effects. In the model house, mean bedroom temperature from 20:00 to 06:00 was 22.3 to 23.7 °C. At home, five participants had lower mean temperatures than this range, while one had a higher value. Relative humidity was consistently lower in the model house for all participants (means 21.0 to 27.1%), whereas carbon dioxide concentration and illuminance showed no clear differences. In five of the six participants, sleep efficiency was higher at higher room temperatures, but the differences were not statistically significant. Most other OSA-MA factors were higher in the model house, except for the “dreaming” score, which showed no consistent trend. Although low humidity was expected to impair sleep, adverse effects were not confirmed in this sample. These findings suggest that a warmer, thermally stable bedroom can improve objective and subjective sleep outcomes in winter.

Key words: bedroom environment, winter, sleep efficiency, highly insulated housing, bedroom temperature

要旨: 冬季において断熱性能が高く、温度が比較的高く安定した環境のモデルハウスにおける寝室と被験者の自宅寝室とを比較する形で睡眠効率および OSA-MA による主観的睡眠感を比較した。被験者は男性 6 名で、計測はモデルハウスおよび自宅寝室でそれぞれ 3 夜計測を行う。分析では 2 日目と 3 日目の結果を用いた。モデルハウスにおける午後 8 時から午前 6 時の平均室温は 22.3~23.7°C で、自宅は 5 名の被験者でこの平均よりも低く、1 名では高かった。また、相対湿度はどの被験者においてもモデルハウスの方が低く、平均値が 21.0~27.1% の範囲であった。二酸化炭素濃度と照度には明確な違いは確認されなかった。睡眠効率は 6 名中 5 名の被験者で室温が高い方が睡眠効率は高かったが、有意差は確認されなかった。主観的睡眠感は夢見以外の因子で、全ての被験者で概ねモデルハウスの方が得点は高かった。低湿が主観的睡眠感に影響すると思われたが、これについては確認されなかった。

キーワード: 寝室環境、冬季、睡眠効率、高断熱住宅、室温

1. はじめに

冬季における睡眠の質に関する研究では、海塩ら (2017) は住み替えの前後で起床時の室温 (15°C 付近) が平均 2°C 低下した群では睡眠効率 (以下、SE) が 2.5% 低下し、平均 3°C 上昇した群では SE が 2.0% 上昇したとした。森ら (2014) は窓の断熱改修によって就寝時の室温 (平均約 13°C) が向上し、SE が改善する傾向を示した。また、Oota ら (2024) は年間を通して寝室の室温が夜間平均 25°C 付近で夜間の平均心拍数が最も低くなるとし、Baniassadi ら (2023) は年間を通して夜

間室温が 20-25°C で SE が高くなるとした。これらから、冬季においては低い温度よりも高い温度の方が SE は高くなると考えられるが、フィールド調査で Oota ら (2024) や Bsnissadi ら (2023) が示した温度帯とそれ以外の室温で SE を比較した研究は少ない。

そこで本研究では基礎調査として、冬季において断熱性能が高く温度が安定した寝室環境を実現できる株式会社Gハウスのモデルハウスにおける寝室と被験者の自宅寝室とを比較する形で SE を比較した。

2. 方法

2.1 実験方法

被験者は表 1 に示す 6 名 (A1~A6) とした。各被験者はモデルハウスと自宅寝室で冬季に各 3 夜計測した。就寝時刻や起床時刻、食事時間や入浴は普段通りとし、昼寝と飲酒は禁止とした。

寝室では枕元で温度、湿度、照度、二酸化炭素濃度を、寝床横でグローブ球によって放射温度を 10 分間隔で計測した。計測期間中はアクチグラフを着用した。

起床時に就寝時刻および起床時刻、OSA-MA 版 (山本ら、1999) による主観的睡眠感、睡眠状況に関するアンケートを実施した。事前アンケートでは被験者の属性や生活習慣、ピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (土井ら、1998) を回答させた。

2.2 分析方法

分析に利用するデータは First Night Effect (Agnew Jr ら、1966) を考慮してモデルハウス、自宅共に初日のデータを省いた。SE はアクチグラフによって得られたデータをアクチライブによって算出した。

3. 結果

3.1 寝室の寝室環境

図 1, 2, 3, 4 に各被験者における計測 2 日目と 3 日目のモデルハウスおよび自宅の室温、相対湿度、二酸化炭素濃度、照度を示す。

モデルハウスでは A1 の 3 日目で一部室温の低下が見られるものの、20~25℃付近で 1 日中安定しており、相対湿度は 15~30% 付近である。自宅では、A5 において室温は 25℃ 付近で安定しているが、それ以外の被験者では時間帯によってばらばらであることが確認できる。この傾向は放射温度でも同様であった。

表 2, 3 に各被験者寝室の 2 日目と 3 日目の午後 8 時から午前 6 時までの室温と相対湿度の平均値と標準偏差を示す。モデルハウスでの平均室温は 22.3~23.7℃ の範囲である。標準偏差はどの被験者においてもモデルハウスより自宅の方が高い。A5 のみ自宅での平均室温がモデルハウスより高いことが確認できる。相対湿度は全被験者で自宅の方が高く、ばらつきも大きい。モデルハウスでは平均値が 21.0~27.1% の範囲であるが、自宅では 30.6~55.3% の範囲である。

二酸化炭素濃度については、モデルハウスで日中に 1000ppm を超える時間帯が確認できるが、就寝中は概ね 500~1000ppm の範囲で安定している。自宅では A2, A4 で就寝中に 1000ppm を超える時間帯が確認出来るが、それ以外の被験者では概ね 500~1000ppm の範囲で安定している。

照度はどちらも就寝中は 30lx 以下の低い照度で安定している。

表 1 被験者属性

ID	年齢	BMI	PSQI	計測期間	
				モデルハウス	自宅
A1	25	18.7	5	2025/2/7~2/10	2025/2/13~2/16
A2	31	21.0	8	2024/12/5~12/8	2025/1/20~1/23
A3	27	24.4	6	2025/1/20~1/23	2025/1/30~2/2
A4	27	32.4	9	2025/1/23~1/26	2025/1/27~1/30
A5	31	28.4	3	2025/2/24~2/27	2025/2/30~3/3
A6	26	18.1	8	2025/2/7~2/10	2025/1/30~2/2

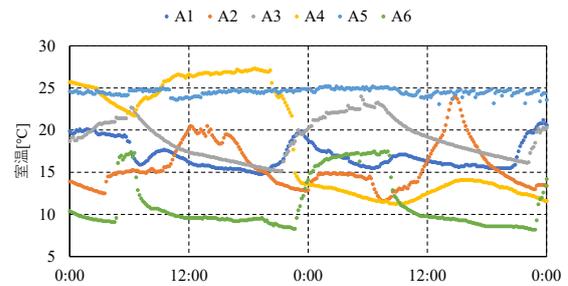
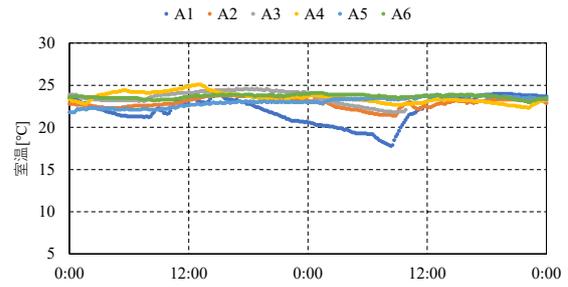


図 1 各被験者の計測期間中のモデルハウス (上) と自宅 (下) の室温

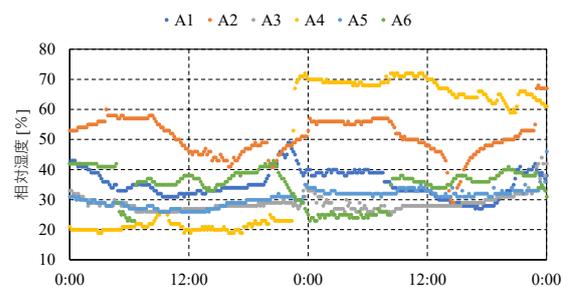
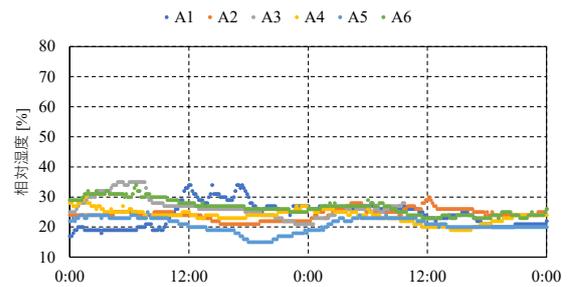


図 2 各被験者の計測期間中のモデルハウス (上) と自宅 (下) の相対湿度

3.2 主観的睡眠感

表3に各被験者における計測2日目と3日目のモデルハウスおよび自宅でのOSA-MAによる主観的睡眠感の各因子における平均得点を示す。モデルハウスと自宅における得点を比較すると、夢見では被験者ごとに傾向がばらばらであるが、その他の因子においては一人の被験者以外はすべてモデルハウスで得点が高かった。

3.3 睡眠効率

表4に各被験者における計測2日目と3日目のモデルハウスおよび自宅でのSEの平均値を示す。モデルハウスと自宅における値を比較すると、4名でモデルハウスの方が高く、A6ではほぼ同等の値であった。

表2 被験者寝室の夜間平均室温と標準偏差[°C]

ID	モデルハウス	自宅
A1	22.3 (1.5)	17.9 (2.0)
A2	22.7 (0.5)	13.9 (0.7)
A3	23.6 (0.6)	20.8 (3.0)
A4	23.3 (0.4)	17.3 (6.4)
A5	22.9 (0.6)	24.1 (1.8)
A6	23.7 (0.2)	13.2 (3.6)

表3 被験者寝室の夜間平均相対湿度と標準偏差[%]

ID	モデルハウス	自宅
A1	22.2 (3.0)	41.0 (4.8)
A2	25.0 (2.3)	55.3 (5.4)
A3	26.1 (3.9)	30.6 (5.7)
A4	25.0 (1.5)	46.3 (21.7)
A5	21.0 (2.1)	33.2 (4.2)
A6	27.1 (2.1)	33.5 (7.5)

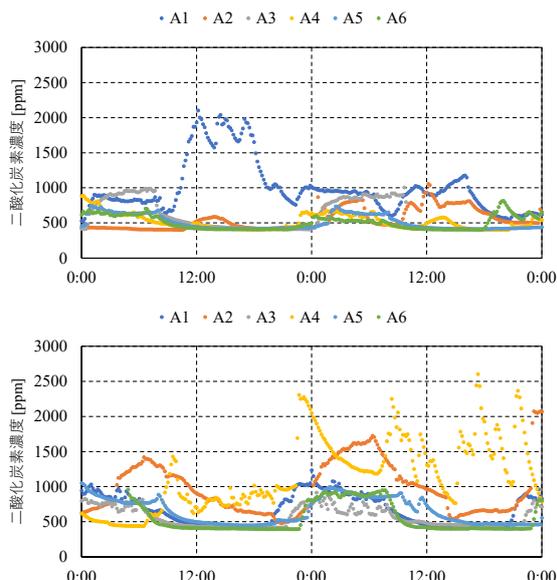


図3 各被験者の計測期間中のモデルハウス（上）と自宅（下）の二酸化炭素濃度

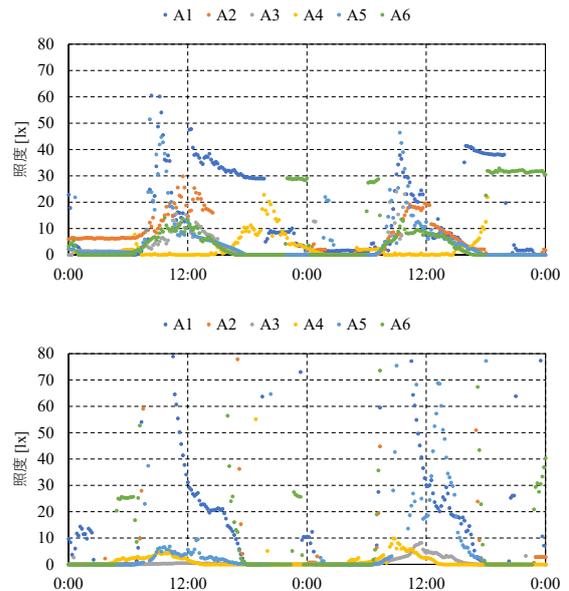


図4 各被験者の計測期間中のモデルハウス（上）と自宅（下）の照度

表3 各被験者の主観的睡眠感

ID	起床時 眠気		入眠と 睡眠維持		夢見		疲労回復		睡眠時間	
	モデル	自宅	モデル	自宅	モデル	自宅	モデル	自宅	モデル	自宅
A1	83	96	135	102	59	59	77	66	33	20
A2	85	46	66	100	29	32	45	24	41	33
A3	60	53	78	71	31	27	52	44	24	21
A4	90	82	97	95	53	55	68	57	29	24
A5	69	60	92	79	59	39	51	51	27	26
A6	67	59	91	68	33	26	52	47	21	26

表4 各被験者の睡眠効率

ID	モデルハウス	自宅
A1	98.5	97.1
A2	96.8	87.7
A3	100	93.7
A4	100	98.7
A5	83.0	89.7
A6	94.5	94.8

4. 考察

図1～4において、主に就寝時の寝室環境の違いが顕著な環境要因は室温と相対湿度であり、照度にはほぼ違いがなく、二酸化炭素濃度はA2とA4で自宅で就寝中に高い値になることが確認されるが他の被験者においてはモデルハウスと自宅で明確な相違は確認されなかった。

表 1 から自宅に比べてモデルハウスの方が室温は高く安定している被験者が多かったが、A5 においては他の被験者とは室温の傾向が異なり自宅の方が高かった。表 3 より A5 の自宅での睡眠効率はモデルハウスより明らかに高く、この温度傾向の違いが一因と考えられる。Oota ら (2024) は寝室の室温が夜間平均 25°C 付近で夜間の平均心拍数が最も低くなるとしており、A1 から A5 ではこの温度に近いほうが SE も高かった。睡眠効率においても 25°C 付近で最も値が高くなりやすい可能性が考えられる。ただし、A6 では自宅における温度がかなり低く、ばらつきも大きいにも関わらず SE はモデルハウスとそれほど大きな違いはない。

図 2 より相対湿度は 30% を下回る時間が殆どで乾燥感を感じると疑われるが、睡眠効率に大きく影響しているとは考え難く、相対湿度よりも室温の方が影響は大きいと考えられる。Oota ら (2024) における夜間の平均心拍数に対する影響についても同様の指摘をしており、乾燥感が睡眠中に与える影響は室温に比べて相対的に低い可能性がある。

表 2 より主観的睡眠感においては、夢見以外の因子においてどの被験者も概ねモデルハウスの得点が高い。A5 において SE については自宅の方が高かったが、主観的睡眠感ではモデルハウスの方が概ね高かった。モデルハウスでの相対湿度が低いことによる主観的睡眠感への影響が懸念されたが、明らかな影響は確認されず、睡眠中に主観的な乾燥感を感じることは少なかったのではないかと考えられる。

5. まとめ

本報では、冬季に睡眠中の寝室温度が高く安定している場合とそれ以外の場合における睡眠効率および主観的睡眠感についての比較をフィールド調査で行った。

各被験者において、寝室の平均室温が 22.3~23.7°C でその標準偏差が 0.2~1.5°C 程度の寝室では、室温がこれ以下の室温の場合は SE が低い傾向であったが、室温がこれより高い 24.1°C で標準偏差が 1.8°C の場合は SE が高くなった。ここから、冬季には室温が高いほうが SE は高い傾向であることが確認できた。しかし本報では、被験者が 6 名であり統計的に有意な差は確認されなかった。

主観的睡眠感では、夢見以外の因子では概ね室温が高いほうが得点は高く、相対湿度が低くても得点を損なうことは確認されなかった。

今後は被験者数を増やすことで、SE の違いに有意な差があるかどうかを検討する。

6. 文献

Agnew Jr H.W., Webb W. B., Williams R. L. 1966. The first

night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*. 2(3):263/266

Baniassadi A., Manor B., Yu W., Trivison T., Lipsitz L. 2023. Nighttime ambient temperature and sleep in community-dwelling older adults. *Science of The Total Environment*. 899:165623

土井由利子, 簗輪真澄, 大川匡子, 内山真. 1998. ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. *精神科治療学*. 13 (6): 755/769

森郁恵, 都築和代, 安岡絢子, 坂本雄三, 高橋龍太郎. 2014. 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):1061/1069

Oota N., Yamauchi Y., Iwase G., Abuku M., Hiraguri Y. 2024. Effects of Bedroom Environment on Average Heart Rate During Sleep in Temperate Regions: A Nonlinear Analysis of Annual Variations in Healthy Males in Their Twenties with Average BMI. *Indoor Environment*. 100050:1/19

海塩渉, 伊香賀俊治, 大橋知佳. 2017. 高断熱住宅への住み替えによる冬季の睡眠の質への影響. *日本建築学会環境系論文集*. 82(736):513/523.

山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 山崎勝男, 阿住一雄, 白川修一郎. 1999. 中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠調査票 (MA 版) の開発と標準化. *脳と精神の医学*. 10(4):401/409

<連絡先>

連絡先氏名 太田 周彰

住所 広島県広島市安佐南区安東 6 丁目 13 番 1 号

所属 安田女子大学理工学部建築学科

E-mail ota@j-michishirube.net