

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	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
Title(English)	IMPACT OF MOVING TO HOUSES WITH HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE ON SLEEP QUALITY IN WINTER
著者(和文)	海塩 渉, 伊香賀俊治, 大橋 知佳
Authors(English)	Wataru Umishio, Toshiharu Ikaga, Chika Ohashi
出典(和文)	日本建築学会環境系論文集, Vol. 82, No. 736, pp. 513-523
Citation(English)	Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 82, No. 736, pp. 513-523
発行日 / Pub. date	2017, 6
権利情報	日本建築学会

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

IMPACT OF MOVING TO HOUSES WITH HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE
ON SLEEP QUALITY IN WINTER

海塩 渉*, 伊香賀 俊治**, 大橋 知佳***

Wataru UMISHIO, Toshiharu IKAGA and Chika OHASHI

This study aimed to clarify the impact of indoor thermal environment on sleep quality. Follow-up investigations on sleep quality (sleep efficiency, amount of deep sleep, sleep latency, and number of nighttime awakenings) and indoor temperature were conducted in winter (2014–2016) before and after moving to houses with high thermal insulation performance. Multiple linear regression analysis showed that sleep efficiency increased by 0.73% per 1 °C increase in indoor temperature during sleep. Increased indoor temperature also improved the number of nighttime awakenings.

Keywords : Sleep quality, Indoor temperature, Moving, House with high thermal insulation performance, Field survey, Follow-up investigation

睡眠の質, 室温, 住み替え, 高断熱住宅, 実態調査, 追跡調査

1. 序論

睡眠の質の低下は、短期的には作業効率の低下や交通事故の要因となり、長期的には生活習慣病の罹患リスクを高め、生命予後にまで支障をきたすことが知られている^{1),2)}。内山ら³⁾によると、睡眠の問題に起因した全国規模の経済損失は年間 約 3.5 兆円に上るとも推計されており、睡眠の質的改善の意義は大きい。睡眠の問題の改善に向けた主な取組みとしては、厚生労働省が 2013 年に開始した「21 世紀における第二次国民健康づくり運動（通称：健康日本 21（第二次）」が挙げられ、「睡眠による休養を十分とれていない者の割合」を 2009 年時点の 18.4% から 2022 年時点で 15.0% へ減少させることを目標に掲げている⁴⁾。しかし、平成 26 年国民健康・栄養調査の結果⁵⁾によると、2014 年時点で 20.0% にまで増加しており、国民の良好な睡眠の確保に向けては更なる啓発が求められる。

睡眠の質の良否に影響を及ぼす要因としては、個人属性や生活習慣といった個人特有の要因に加え、環境という非定常的な要因が挙げられる^{1),6),7)}。環境要因に関しては、三大環境要因と称される温熱・音・光環境のうち、特に温熱環境が及ぼす影響が大きいと示唆されている⁸⁾。中でも空気温度と睡眠の関係については先行的に研究が行われ、Haskell ら⁹⁾は被験者実験によって裸体での中立温熱帯が約 29°C であり、29°C から離れるに従い徐波睡眠^{注 1)}とレム睡眠^{注 2)}が減少することを示した。しかし実際の生活環境では、着衣・寝具による行動性体温調節を行い就寝するため、室温の許容範囲は 13~28°C と低温側に広いことが知られている¹⁰⁾。そのため、

高温側となる夏季に良質な睡眠を得るための既往研究が数多く蓄積されており、Ohnaka ら¹¹⁾、Okamoto-Mizuno ら¹²⁾⁻¹⁴⁾、Tsunami ら¹⁵⁾、川島ら¹⁶⁾、海野ら¹⁷⁾、糸井川ら^{18),19)}によって、被験者実験や実測に基づく様々な条件下での示唆が得られている。

一方で冬季に関して、筆者ら²⁰⁾の調査によると全国各地に在住する 169 名の起床時の寝室室温は平均 9.6°C と許容室温範囲を逸脱しており、氷点下に及ぶ住宅も確認されている。また都築ら²¹⁾の調査の中でも、農村地域において、寝具を増やして 0°C 近傍の低温環境で睡眠をとっている例が報告されている。従って、冬季の温熱環境と睡眠の関係の検証も意義深いと考えられる。冬季の既往研究として、水野ら²²⁾は自宅の室温が 10°C 以上の群と比較して 10°C 未満の群で睡眠効率が低く、中途覚醒時間が長いことを示しており、久保ら²³⁾は寝具や寝衣で調整した上でも、寝室の室温は寝つきの良し悪しに影響を及ぼすことを示唆している。しかし、夏季と比較して研究の蓄積が少なく、上記の研究は実生活場面における調査であるため、睡眠に影響を及ぼす種々の要因を統制した上で、住宅内温熱環境が睡眠に与える影響を評価するのは困難である。

以上の課題を解決するため、本研究では同一対象者の高断熱住宅への住み替え前後の温熱環境・睡眠の質の変化に着目する。実測調査とアンケートから構成した住み替え前後 2 回の追跡調査によって得られたデータを基に、同一対象者の前後比較分析を行うことで、住宅内温熱環境以外の個人特有の要因の影響を極力排除した上で、住宅内温熱環境と睡眠の質の関係を明確にすることを目的とする。

* 慶應義塾大学大学院理工学研究科 後期博士課程
鹿島建設(株)

** 慶應義塾大学理工学部 教授・博士(工学)

*** 東日本電信電話(株) 修士(工学)
(当時、慶應義塾大学大学院理工学研究科 大学院生)

Graduate School of Science and Technology, Keio Univ., M. Eng.
Kajima Corporation

Prof. Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr. Eng.

Nippon Telegraph and Telephone East Corporation, M. Eng.
(Grad. Student, Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.)

表1 実測調査の概要

期	住み替え	調査期間	温湿度				睡眠			
			対象数	有効数	測定方法	測定機器	対象数	有効数	測定方法	測定機器
1	前	2014.1.25～ 2014.4.2	32軒 (61名)	29軒 ^{注3)} (54名)	温湿度：居間・寝室、 温度：トイレ・脱衣所 の床上1.1mの高さ 10分間隔の連続測定	温湿度計 TR-72Ui RTR-503 温度計 TR-51i (T&D社)	61名 (32軒)	57名 (30軒)	電波センサで測定 した体動から、睡眠 ・覚醒状態を判定	睡眠計 HSL-102-M (OMRON社)
		2014.11.28～ 2015.2.19	27軒 ^{注3)} (54名)	27軒 (54名)			54名 (27軒)	53名 (27軒)		
2	前	2015.2.14～ 2015.3.18	20軒 (40名)	19軒 (37名)			40名 (20軒)	37名 (19軒)		
		2015.11.14～ 2015.12.24	18軒 (36名)	16軒 (32名)			36名 (18軒)	32名 (16軒)		

表2 アンケートの概要

期	住み替え	調査期間	調査対象者（居住者）向け				工務店向け						
			配布数	有効数	配布方法	回収方法	配布数	有効数	配布方法	回収方法			
1	前	2014.1.25～ 2014.4.2	61名 (32軒)	54名 ^{注3)} (29軒)	工務店を経由した 間接配布	工務店を経由した 間接回収	32軒	28軒	調査員からの 直接配布	工務店からの 郵送回収			
		2014.11.28～ 2015.2.19	54名 ^{注3)} (27軒)	54名 (27軒)			27軒	26軒					
2	前	2015.2.14～ 2015.3.18	40名 (20軒)	37名 (19軒)			工務店を経由した 間接配布	調査対象者からの 郵送回収			20軒	19軒	調査員からの 直接配布
		2015.11.14～ 2015.12.24	36名 (18軒)	34名 (17軒)							18軒	18軒	

2. 調査方法

2.1 調査概要（表1, 2）

本研究では、東北～九州の工務店の高断熱住宅への住み替えを行った顧客に対し、その前後に実測調査、アンケートを実施した。本報では、室温と家庭血圧の因果関係について扱った既報²⁴⁾の第1期調査(2014年1月～2015年2月)に第2期調査(2015年2月～2015年12月)の対象者を加え、室温と睡眠の質の関係に関する分析結果を報告する。「住宅事業建築主の判断基準」における地域区分ごとの対象住宅数及び人数は、住み替え前時点において、4地域：6軒12名、5地域：21軒42名、6地域：24軒45名、7地域：1軒2名（計52軒101名）であり、5, 6地域の対象が大半を占めた。調査対象者に対しては、住み替え後の住宅の設計・施工を担当した工務店を経由して、事前に調査の説明や測定機器の配布等を行った。尚、本調査は慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロトコルで実施した（承認番号：27-31）。

2.2 調査項目

(1) 実測調査概要

対象者は住み替え前後のそれぞれ約2週間に亘り、枕元に非接触型の睡眠計HSL-102-M（OMRON社）を設置し、睡眠状態の測定を行った。本調査で用いた睡眠計は、電波センサにより測定した体動から睡眠・覚醒の状態を判定し、睡眠の質を評価するものである。睡眠の質を測る指標^{注4)}としては、睡眠効率（＝総睡眠時間／総就床時間）、深睡眠時間、入眠潜時、中途覚醒回数を採用した。また睡眠状態の測定と併せて、対象者の住宅において温湿度の実測調査を実施した。温湿度計は居間・寝室、温度計はトイレ・脱衣所の床上1.1mの高さに設置し、10分間隔で連続測定した。測定期間中、対象者は起床時刻、就寝時刻、飲酒の有無等を日誌に記録した。

(2) アンケート概要

本研究では、住み替え前後の2回、実測調査と同時期にアンケートを実施した。アンケートは調査に参加した居住者に加え、その居住者の担当工務店に対して行った。居住者、工務店向けアンケートの内容は、次章のアンケート集計、及び既報²⁴⁾を参照されたい。

3. 住み替え前後調査の基礎集計

3.1 個人因子に関するアンケート結果（表3）

個人属性に関して、住み替え前の時点で平均年齢は40歳であり、

日本の平均年齢46.5歳（2015年時点）²⁵⁾より低めであった。平均BMI^{注5)}は、住み替え前：22.6 kg/m²、住み替え後：22.5 kg/m²であり、平均的には標準体型であった。男女の比率は、女性が僅かに多かった。疾病に関して、心疾患、脳血管疾患、糖尿病、腎臓病、精神疾患に罹患している者はほぼ確認されなかったが、脂質異常症、高血圧、高血圧に伴う降圧剤服用は僅かに確認された。

続いて生活習慣に関して、塩蔵品は週1～2日、油料理は週3～4日、野菜果物は毎日摂取している対象者が最も多かった。また、普通味噌好の対象者が約3分の2を占めた。約6割が非喫煙者、約5割が非飲酒者であった。運動は、住み替え前後とも不足側（かなり不足・やや不足）が約8割を占めた。

3.2 住宅・住まい方に関するアンケート結果（表4）

住み替え前の仕様に関して、アパート住まいが最も多く、構造は木造と鉄骨造が大半を占めた。延床面積（平均値）は、住み替え前：80 m²、住み替え後：113 m²であり、住み替え後の方が有意に広がった。これは住み替え後は全て戸建住宅であったためと考えられる。住み替え前の住宅の性能に関して、断熱材ありが多かったものの、窓は単層ガラス、アルミサッシが大半を占めていた。既往研究²⁶⁾に従い、断熱性能を推定した結果、性能の低い無断熱とS55年基準の住宅のみであった。一方、工務店向けアンケートから把握した住み替え後の住宅の熱損失係数（Q値）は、4地域（基準値2.4 W/m²K）において平均2.0（最小1.7～最大2.2）W/m²K、5～7地域（基準値2.7 W/m²K）において平均1.9（1.4～2.6）W/m²Kであり、次世代省エネルギー基準（H11年基準）を満たしていた。相当隙間面積（C値）についても、4～7地域（基準値5.0 cm²/m²）において平均0.4（0.1～0.8）cm²/m²であり、H11年基準を満たしていた。以上より、住み替え後の住宅は、断熱気密性能が非常に高いことが確認された。

続いて、居間における暖房に関して、住み替え前は石油ファンヒーター、電気こたつを使用している住宅が約3割確認されたが、住み替え後にその割合は減少し、反対にルームエアコンを使用する住宅が増加した。暖房使用時間は、住み替え前は在宅中絶えず使用する対象者が多かったが、住み替え後には「朝と晩のみ」の回答が増加し、間欠運転が多くなった。一方、寝室における暖房については住み替え前後で器具の変化がほぼ認められず、住み替え後に暖房を「使用しない」と回答する者の割合が増加した。

表3 住み替え前後のアンケートの集計結果（個人因子）

分類	設問	選択肢	住み替え前			住み替え後		
			0%	50%	100%	0%	50%	100%
年代	1)	20代	9			5		
	2)	30代	43			44		
	3)	40代	26			26		
	4)	50代	7			10		
	5)	60代	1			1		
	6)	70代	2			2		
BMI	1)	低体重(~18.5)	9			11		
	2)	標準(18.5~25.0)	57			56		
	3)	肥満(25.0~)	22			16		
		無回答	0			5		
性別	1)	男性	42			42		
	2)	女性	46			46		
心疾患	1)	なし	86			84		
	2)	治療中	2			1		
	3)	完治	0			1		
		無回答	0			2		
脳血管疾患	1)	なし	87			84		
	2)	治療中	1			1		
	3)	完治	0			1		
		無回答	0			2		
糖尿病	1)	なし	86			84		
	2)	治療中	1			1		
	3)	完治	0			1		
		無回答	1			2		
脂質異常症	1)	なし	84			80		
	2)	治療中	4			6		
	3)	完治	0			0		
		無回答	0			2		
腎臓病	1)	なし	88			86		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	0			0		
		無回答	0			2		
精神疾患	1)	なし	85			83		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	3			3		
		無回答	0			2		
高血圧	1)	なし	77			76		
	2)	治療中	8			9		
	3)	完治	2			1		
		無回答	1			2		
降圧剤服用	1)	なし	79			80		
	2)	あり	8			6		
		無回答	1			2		
味噌好	1)	薄い	12			11		
	2)	普通	60			60		
	3)	濃い	16			15		
	4)	制限している	0			0		
	無回答	0			2			
塩蔵品摂取頻度	1)	なし	13			17		
	2)	週1~2日	54			43		
	3)	週3~4日	8			17		
	4)	週5~6日	6			4		
	5)	毎日	7			5		
	無回答	0			2			
油料理摂取頻度	1)	なし	1			1		
	2)	週1~2日	25			27		
	3)	週3~4日	42			43		
	4)	週5~6日	14			14		
	5)	毎日	6			1		
	無回答	0			2			
野菜果物摂取頻度	1)	なし	0			1		
	2)	週1~2日	4			5		
	3)	週3~4日	15			12		
	4)	週5~6日	19			15		
	5)	毎日	49			53		
	無回答	1			2			
飲酒頻度	1)	なし	43			39		
	2)	週1~2日	16			18		
	3)	週3~4日	10			7		
	4)	週5~6日	6			8		
	5)	毎日	13			14		
	無回答	0			2			
喫煙	1)	なし	57			55		
	2)	やめた	16			16		
	3)	あり	14			15		
		無回答	1			2		
運動充足度	1)	かなり不足	42			39		
	2)	やや不足	32			34		
	3)	だいたい十分	9			10		
	4)	十分	5			3		
	無回答	0			2			

表4 住み替え前後のアンケートの集計結果（住宅・住まい方）

分類	設問	選択肢	住み替え前			住み替え後		
			0%	50%	100%	0%	50%	100%
住宅形態**	1)	戸建住宅	10			44		
	2)	アパート	27			0		
	3)	マンション	7			0		
		無回答	2			0		
構造**	1)	木造	23			44		
	2)	RC造	8			0		
	3)	鉄骨造	13			0		
		無回答	2			0		
延床面積**	1)	50m ² 未満	9			0		
	2)	50~100m ²	20			10		
	3)	100~150m ²	7			21		
	4)	150m ² 以上	3			4		
		無回答	7			9		
断熱材の有無**	1)	なし	9			0		
	2)	あり	13			44		
	3)	分からない	21			0		
		無回答	3			0		
窓ガラスの枚数**	1)	1枚	32			0		
	2)	2枚	9			44		
	3)	分からない	3			0		
		無回答	2			0		
窓サッシの種類**	1)	アルミ	37			0		
	2)	断熱	1			44		
	3)	分からない	3			0		
		無回答	5			0		
築年数**	1)	10年未満	11			44		
	2)	10~19年	15			0		
	3)	20~29年	7			0		
	4)	30年以上	9			0		
		無回答	4			0		
断熱性能**	1)	無断熱	13			0		
	2)	S55年基準	23			0		
	3)	H4年基準	0			0		
	4)	H11年基準	0			44		
		分類不可	10			0		
石油ファンヒーター**	1)	なし	31			42		
	2)	あり	15			1		
		無回答	0			1		
石油・ガスストーブ*	1)	なし	38			43		
	2)	あり	8			0		
		無回答	0			1		
電気ストーブ	1)	なし	43			42		
	2)	あり	3			1		
		無回答	0			1		
居間	1)	なし	31			35		
	2)	あり	15			8		
		無回答	0			1		
ルームエアコン*	1)	なし	14			4		
	2)	あり	32			39		
		無回答	0			1		
暖房使用時間**	1)	1日中	9			10		
	2)	在宅中	51			26		
	3)	朝と晩	19			31		
	4)	朝のみ	1			4		
	5)	晩のみ	7			11		
	6)	使用しない	0			4		
		無回答	1			2		
石油ファンヒーター	1)	なし	42			43		
	2)	あり	4			0		
		無回答	0			1		
石油・ガスストーブ	1)	なし	45			43		
	2)	あり	1			0		
		無回答	0			1		
電気ストーブ	1)	なし	44			41		
	2)	あり	2			2		
		無回答	0			1		
寝室	1)	なし	42			43		
	2)	あり	4			0		
		無回答	0			1		
ルームエアコン	1)	なし	22			19		
	2)	あり	24			24		
		無回答	0			1		
暖房使用時間**	1)	1日中	3			6		
	2)	在宅中	11			0		
	3)	朝と晩	7			2		
	4)	朝のみ	2			4		
	5)	晩のみ	18			17		
	6)	使用しない	47			57		
		無回答	0			2		

**p<0.01,*p<0.05 (カイ二乗検定による住み替え前後の差の有意確率)

3.3 睡眠に関するアンケート結果

図1にピッツバーグ睡眠質問票 (PSQI) ^{27) 注6)}の総合得点分布を示す。本質質問票は、過去1か月間の睡眠状況について問うものであり、得点が高いほど睡眠の質が悪いと判断される。平均得点は、住み替え前：5.8点、住み替え後：5.7点であり、住み替えによる得点の変化は認められなかった。加えて、分布から極端に外れたサンプルがないことから異質なサンプルが存在しないことを確認した。

以降では、ピッツバーグ睡眠質問票の各項目の集計に移る。まず時間に関する記述統計量を表5に示す。就床時刻、起床時刻、入眠潜時の平均値は住み替え前後でほぼ変化がなく、就床時刻：23時20分頃、起床時刻：6時30分頃、入眠潜時：20分弱であったが、睡眠時間は住み替え前：6時間13分、住み替え後：6時間27分であり、僅かに増加していた (対応ありのt検定で $p<0.05$)。この要因としては、住み替えにより夜間に覚醒している時間が減少した可能性が考えられる。

続いて、「過去1か月に睡眠困難となった頻度 (睡眠困難となった理由別)」の回答を図2に示す。住み替え前後で変化の見られない項目が大半であったが、入眠ができずに睡眠困難となった頻度は対応ありのt検定にて5%水準、寒さによって睡眠困難となった頻度は1%水準の有意差が確認され、住み替え後に減少した。「冬季の

寒冷な環境では手足などの末梢部の冷えから入眠が妨げられる¹⁰⁾」という報告もあることから、上記は断熱性能向上に伴う室温上昇による効果と考えられる。また、睡眠薬を使用している対象者はほとんど確認されなかったが、これは対象者が比較的若いためと推察される。

3.4 着衣・寝具に関するアンケート結果

住み替え前後の着衣量^{注7)}、及び掛け布団枚数の分布を図3~5に示す。日中の平均着衣量は、住み替え前の1.01 cloから住み替え後の0.89 cloに減少しており、就寝中についても住み替え前：0.81 cloから住み替え後：0.74 cloに減少していた (対応ありのt検定にて双方とも $p<0.01$)。これは断熱水準の向上に伴い、行動性体温調節を行ったためと考えられる。また、日中と就寝中の着衣量の差のt検定を実施した結果、住み替え前と後のいずれについても就寝中の着衣量の方が1%水準で有意に少なかった。これは寝具による体温調節の影響によるものと云える。掛け布団の枚数について住み替え前後で集計を行ったところ、平均2.0枚から1.8枚に減少しており (対応ありのt検定で $p<0.01$)、この点においても断熱性能向上の効果が確認された。以上より、就寝中の着衣量、掛け布団枚数の変化については、室温と睡眠の質の関係を明確にする上でその影響を調整する必要がある変数と考えられる。

表5 過去1か月間の睡眠状況に関する記述統計量 (n=88)

項目	住み替え前				住み替え後			
	平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大
就床時刻 [-]	23:24	1:07	19:30	25:30	23:21	1:04	21:00	26:00
起床時刻 [-]	6:27	0:42	5:00	9:30	6:27	0:49	4:00	9:00
睡眠時間 [h]	6.22	1.18	4.00	10.00	6.46	1.01	4.50	9.00
入眠潜時 [min]	18	14	1	60	17	14	1	60

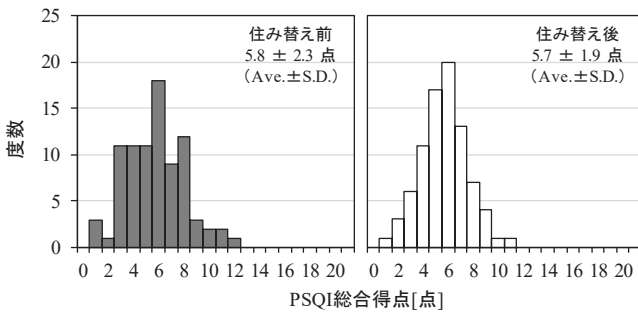


図1 ピッツバーグ睡眠質問票の総合得点分布

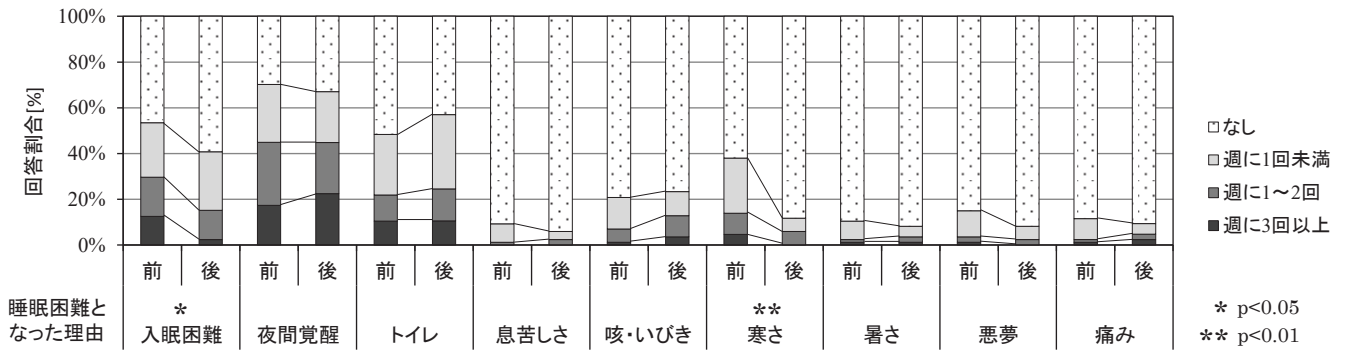


図2 過去1か月に睡眠困難となった頻度 (睡眠困難となった理由別, n=88)

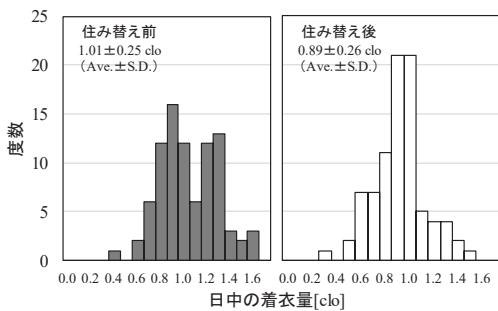


図3 日中の着衣量分布

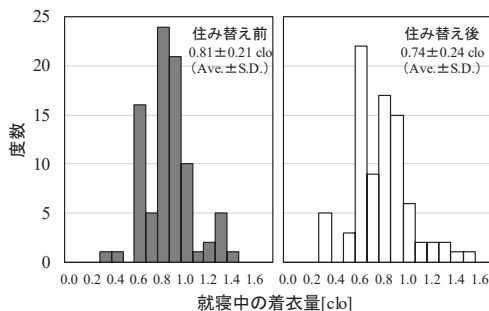


図4 就寝中の着衣量分布

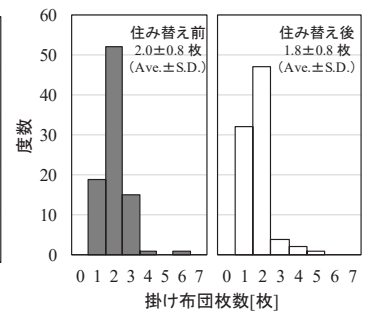


図5 掛け布団枚数分布

3.5 住宅の温湿度測定結果

図6に住み替え前後それぞれの一日の外気温/室温推移(全住宅の測定期間中の平均値)を示す。日平均外気温は、住み替え前で6.2℃、住み替え後で6.4℃であり、平均的にほぼ同等であった。室温は一日を通して住み替え後の方が高く、寝室の室温は夜間に低下する挙動が確認された。ここで寝室の就寝中の室温に焦点を当て、就床時、睡眠中、起床時の室温の最大、平均、最小値を図7に示す。尚、室温は住宅単位の分析としているため、①就床時、②睡眠中、③起床時はそれぞれ各住宅の世帯主が、①:睡眠計の測定開始ボタンを押した時点、③:測定終了ボタンを押した時点、②:①から③の間、としている。就床時の室温は住み替え前:15.8℃、住み替え後:17.1℃であり有意差は認められなかったが、睡眠中、起床時には1%有意水準の差が確認され、起床時の室温は住み替え前:13.8℃、住み替え後:15.9℃であった。睡眠中の室温低下も住み替え後の方が小さく、断熱性能向上の効果が表れていた。

3.6 睡眠分析サンプルのスクリーニング

本節では既報²⁴⁾と同様の過程で分析サンプルのスクリーニングを行う。前段として、3.1節の表3に示した室温以外の要素(年齢、BMI、飲酒頻度、喫煙有無等)の、住み替え前後の差の検定(カイ

二乗検定)を行った。結果、5%水準で有意な項目は確認されなかったことから、住み替えに伴う室温以外の変化は全体として小さいことを確認した。以降で個人に焦点を当てたスクリーニングを行う。

まず住み替え前後の大きな生活習慣の変化を、体重を指標として捉えたスクリーニングを実施する。体重の変化が顕著な者を抽出するため、住み替え前後の体重の散布図を図8に示す。体重5kg以上の変化が確認された対象者は計16名おり、中には住み替え前後いずれかに妊娠を経験した者も含まれていた。

続いて、睡眠が有する季節差^{28)・30)}を考慮し、住み替え前後の調査時期に大きな差がある対象者を抽出する。抽出に際しては、気象庁の季節の定義³¹⁾に従い「3か月」を閾値とした。住み替え前後の調査時期に3か月以上の差があった対象者が4軒8名確認された。

最後に、住み替えにより睡眠の「質」ではなく、睡眠の「量」に大きな変化があった対象者を除外するため、睡眠計で実測した総睡眠時間の散布図を図9に示す。住み替え前後で1時間以上の睡眠時間の差が見られた者が11名含まれた。

以上のサンプルは睡眠の質の変化が住み替えによる室温変化に起因すると結論付けるのは困難と判断し、以降の分析から除外する。加えて室温が欠測であった1名を除き、52名を分析サンプルとする。

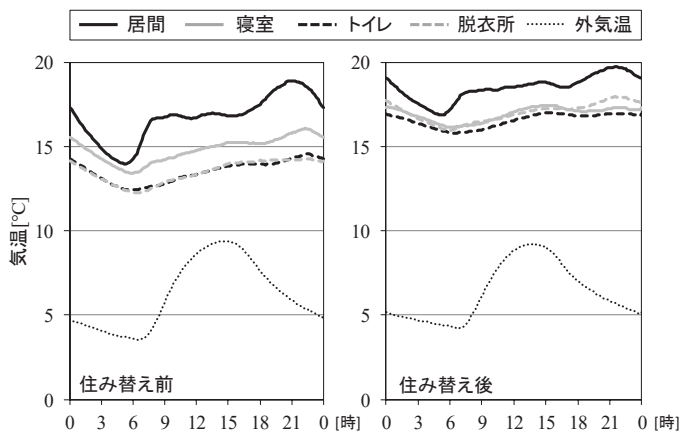


図6 一日の室温推移(左:住み替え前、右:住み替え後)

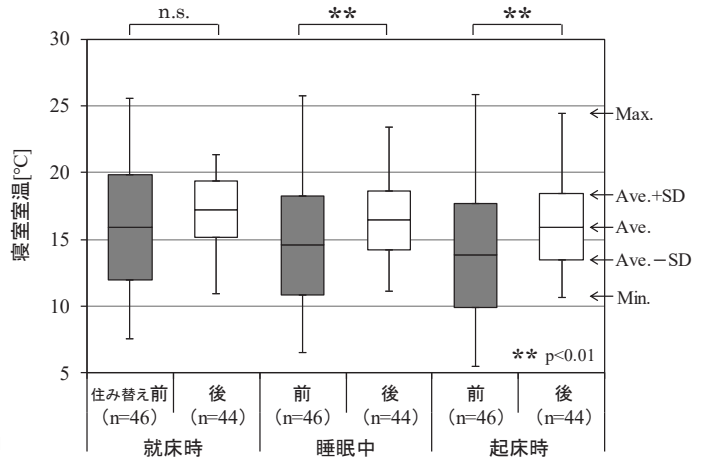


図7 就床時・睡眠中・起床時の寝室の室温

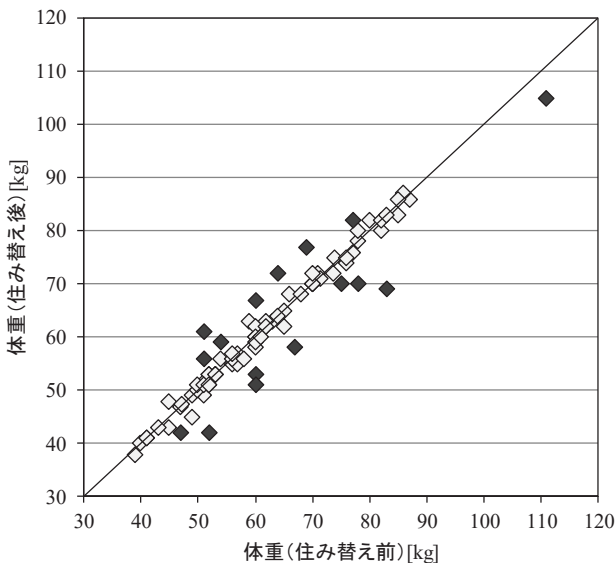


図8 住み替え前後の体重の散布図

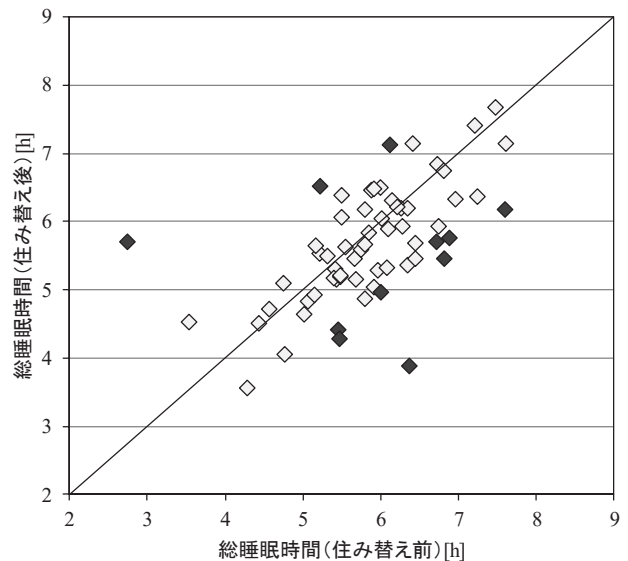


図9 住み替え前後の総睡眠時間の散布図

4. 睡眠中の室温が睡眠の質に及ぼす影響

4.1 住み替え前（ベースライン調査時）の睡眠の質に関する分析

52名の住み替え前調査（ベースライン調査）のうち、睡眠計による各指標の実測結果を表6に示す。52名の対象者の総睡眠時間は平均5.83（最小3.55～最大7.62）時間、睡眠効率率は平均88.8（最小63.4～最大97.8）%であり、その他の睡眠の質の各種指標についても非常に個人差が大きいことが確認された。

実測結果をアンケートの回答別に比較した結果^{注8)}を表7に示す。個人因子に関する比較では、どの項目についても有意差が認められなかった。高齢になるほど中途覚醒が増加し、眠りが浅くなる³²⁾ことが知られているが、3.1節で示した通り本調査の対象者は比較的若く、分析サンプルの最高齢が53歳であったため有意差がなかったものと考察される。また、飲酒に関しては有意な差が確認されなかったものの、飲酒者の入眠潜時の方が短いという既往研究³³⁾同様

の傾向は観察された。続いて、ピッツバーグの各項目の分析では、主観評価と実測データの対応が確認された。入眠困難のために睡眠が阻害されたことが「なし」と回答した対象者と比較して、「あり」と回答した対象者の入眠潜時が有意に長く、中途覚醒回数が多かった。また、夜間覚醒の有訴者は中途覚醒回数が多かった。更に上記2つの有訴者は、睡眠効率が有意に低い結果であった。寒さについても有訴者、非有訴者間に睡眠効率、中途覚醒回数の有意差が認められ、寒いと感じている者ほど入眠潜時が長く、深睡眠時間が短い傾向が観察された。

しかし上記の結果は、様々な個人・環境因子が睡眠の質に影響し、大きな個人差が観察される中で1変数について切り出した比較に他ならない。従って、次節では同一個人の高断熱住宅への住み替え前後の睡眠の質の比較を行うことで、個人因子の影響を極力除外した上で、室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響に絞った分析を実施する。

表6 睡眠の質の実測結果の記述統計量

	総就床時間 [h]	総睡眠時間 [h]	睡眠効率 [%]	深睡眠時間 [min]	入眠潜時 [min]	中途覚醒回数 [回]
最大値	9.20	7.62	97.8	190	22.7	12.2
平均値	6.63	5.83	88.8	112	6.2	2.9
最小値	3.80	3.55	63.4	20	1.4	0.4

表7 睡眠の質の実測結果のアンケート回答別比較（ハッチング：有意差なしの項目）

**p<0.01, *p<0.05

分類	項目	選択肢	n	総就床時間 [h]	総睡眠時間 [h]	睡眠効率 [%]	深睡眠時間 [min]	入眠潜時 [min]	中途覚醒回数 [回]
個人因子	年代	20代	6	6.13	5.69	93.3	126	4.5	1.4
		30代	29	6.64	5.71	87.0	108	7.3	3.4
		40代	15	6.77	6.15	91.4	115	5.1	2.3
		50代	2	6.79	5.59	82.9	117	4.3	4.4
	性別	男性	29	6.62	5.88	89.3	112	5.8	2.9
		女性	23	6.63	5.76	88.2	112	6.8	2.9
	BMI	低体重	5	7.21	6.26	87.9	108	7.7	3.5
		標準	36	6.53	5.74	88.8	111	6.3	2.8
	飲酒	肥満	11	6.68	5.93	89.3	118	5.2	2.8
		なし	26	6.56	5.69	88.1	110	7.2	2.9
P S Q I	入眠困難	あり	26	6.70	5.96	89.6	115	5.3	2.8
		なし	23	6.50	5.95	92.3	120	4.6	1.9
	夜間覚醒	あり	29	6.73	5.73	86.1	106	7.5	3.7
		なし	15	6.20	5.67	91.8	118	4.7	2.0
	トイレ	あり	37	6.80	5.89	87.6	110	6.8	3.2
		なし	30	6.36	5.67	90.0	110	5.5	2.6
	息苦しさ	あり	22	7.00	6.04	87.3	115	7.2	3.3
		なし	47	6.58	5.78	88.7	110	5.8	2.9
	咳・いびき	あり	5	7.03	6.31	89.9	128	10.3	2.4
		なし	42	6.53	5.72	88.7	108	5.9	2.9
寒さ	あり	10	7.04	6.27	89.4	130	7.7	2.8	
	なし	34	6.53	5.90	91.3	118	5.5	2.1	
暑さ	あり	18	6.81	5.70	84.3	102	7.7	4.3	
	なし	47	6.66	5.84	88.6	112	6.0	3.0	
悪夢	あり	5	6.32	5.69	90.6	117	7.9	2.0	
	なし	45	6.63	5.83	88.8	110	5.9	3.0	
痛み	あり	7	6.61	5.82	89.0	128	8.3	2.2	
	なし	47	6.60	5.83	89.2	114	6.3	2.8	
主観的睡眠感	あり	5	6.87	5.83	85.8	98	5.8	4.0	
	悪い	26	6.57	5.67	87.3	110	6.2	3.2	
暖房	良い	26	6.68	5.99	90.4	114	6.2	2.6	
	なし	33	6.61	5.80	88.8	109	6.3	2.9	
暖房使用	あり	19	6.66	5.88	88.9	117	6.1	2.8	

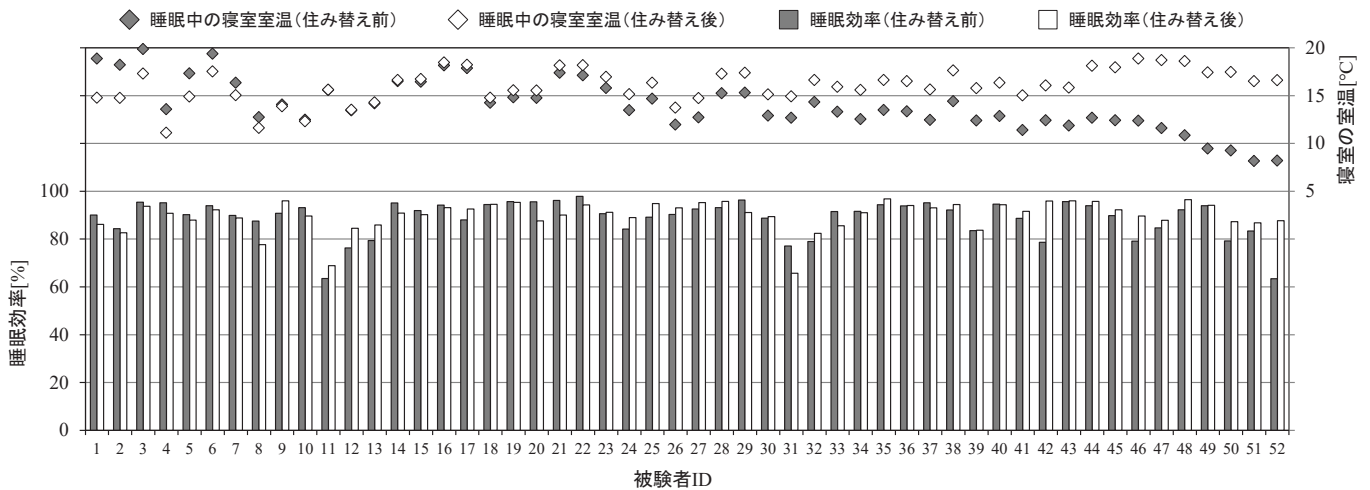


図 10 住み替え前後の睡眠中室温／睡眠効率の比較（2週間の平均値、n=52名）

表 8 睡眠効率（住み替え後）[%]を目的変数とした重回帰分析

説明変数		偏回帰係数	標準化偏回帰係数	有意確率 (p 値)
定数	[-]	34	—	**
睡眠効率（住み替え前）	[%]	0.61	0.75	**
睡眠中の室温変化量	[°C]	0.73	0.36	**
飲酒割合変化量	[%]	-0.08	-0.19	0.08
就寝中着衣量変化量	[clo]	-1.5	-0.05	0.65
掛け布団枚数変化量	[枚]	0.48	0.05	0.65

**p<0.01, *p<0.05, 調整済み R²=0.51

表 9 深睡眠時間（住み替え後）[min]を目的変数とした重回帰分析

説明変数		偏回帰係数	標準化偏回帰係数	有意確率 (p 値)
定数	[-]	34	—	*
深睡眠時間（住み替え前）	[min]	0.70	0.68	**
睡眠中の室温変化量	[°C]	1.5	0.12	0.24
飲酒割合変化量	[%]	-0.54	-0.21	*
就寝中着衣量変化量	[clo]	-11	-0.06	0.56
掛け布団枚数変化量	[枚]	9.5	0.16	0.16

**p<0.01, *p<0.05, 調整済み R²=0.52

表 10 入眠潜時（住み替え後）[min]を目的変数とした重回帰分析

説明変数		偏回帰係数	標準化偏回帰係数	有意確率 (p 値)
定数	[-]	1.48	—	0.24
入眠潜時（住み替え前）	[min]	0.93	0.70	**
就床時の室温変化量	[°C]	-0.11	-0.06	0.61
飲酒割合変化量	[%]	0.08	0.18	0.13
就寝中着衣量変化量	[clo]	-0.56	-0.02	0.88
掛け布団枚数変化量	[枚]	0.75	0.08	0.51

**p<0.01, *p<0.05, 調整済み R²=0.40

表 11 中途覚醒回数（住み替え後）[回]を目的変数とした重回帰分析

説明変数		偏回帰係数	標準化偏回帰係数	有意確率 (p 値)
定数	[-]	1.2	—	**
中途覚醒回数（住み替え前）	[回]	0.56	0.76	**
睡眠中の室温変化量	[°C]	-0.18	-0.30	**
飲酒割合変化量	[%]	0.03	0.21	*
就寝中着衣量変化量	[clo]	0.23	0.03	0.80
掛け布団枚数変化量	[枚]	-0.16	-0.05	0.59

**p<0.01, *p<0.05, 調整済み R²=0.57

4.2 高断熱住宅への住み替えに伴う室温と睡眠の質の変化

住み替え前後の個人ごとの睡眠効率と睡眠中の寝室室温(測定期間中の平均値)を図 10 に示す。図 10 は住み替え前後の寝室室温の差(住み替え後の室温-住み替え前の室温)が小さい順に対象者を並べており、ID:1~10 は住み替え後に睡眠中の寝室室温が低下した群(平均室温低下量: 2.0°C)、ID:11~52 は室温が上昇した群(平均室温上昇量: 3.0°C)である。室温低下群は睡眠効率が 2.5%低下、上昇群は 2.0%上昇しており、t 検定にて両群間の睡眠効率の変化量に 5%水準の有意差が確認された。以上より、住み替えによる室温の変化は睡眠の質に影響を与えている可能性があるとする。

ここで種々の因子の影響を調整した上で、睡眠の質に対する室温の影響を検証するため、強制投入法による重回帰分析を実施した(表 8~11)。住み替え後の睡眠の質の各指標(睡眠効率、深睡眠時間、入眠潜時、中途覚醒回数)を目的変数とし、説明変数には睡眠中(入眠潜時のみ就床時)の平均室温変化量を投入した^{注 9)}。また、「同一被験者のベースライン値による調整を行うことで、個体間のバラツキを減じることが可能」という住み替え前後 2 時点調査の特長³⁴⁾を活かすため、住み替え前の睡眠の質の各指標を投入した。加えて、3.4 節で述べた通り住み替え前後で有意な変化があった着衣量と寝

具の変化、日誌から把握した飲酒割合(=飲酒日数/全測定日数×100 [%])の変化を調整変数とした。調整変数を投入することで、着衣量、寝具、飲酒割合の変化とは独立して、室温変化が住み替え後の睡眠の質に与える影響を評価可能となる。

まず多くの知見が集積されている飲酒と睡眠の質の関係について、既往研究と同様に飲酒の影響は大きく、中途覚醒回数の増加、及び深睡眠時間の減少をもたらすことが示唆された。厚生労働省が公表している「健康づくりのための睡眠指針 2014」に、「アルコールにより中途覚醒が増えて睡眠が浅くなり、熟睡感が得られなくなる」¹⁾との一文があり、本分析結果と合致していることから、結果の妥当性が確認された。続いて、住み替え前後の室温変化については、睡眠効率、中途覚醒回数に対して有意な影響が確認され、室温の上昇は睡眠の質の向上に寄与することが示された。睡眠中の室温 1°C 上昇により、睡眠効率は 0.73 % 改善し、中途覚醒回数は 0.18 回減少した。上記の指針に、「温度は中途覚醒と関係する」¹⁾との記述があるが、本分析によってその関係が定量的に明らかになった。

以上より、着衣や寝具によって調整を行う傾向にある冬季の夜間においても室温を高く維持することが、良好な睡眠をとる上で重要と云える。

5. まとめ

5.1 結論

本報では、2014年と2015年、2015年と2016年の冬季に実施した高断熱住宅への住み替え前後の室温と睡眠の質の実測結果を用いて、同一対象者の睡眠の質の変化に焦点を当てた分析により、睡眠に影響を及ぼす種々の個人因子の影響を極力除外、調整した上で室温と睡眠の質の関係を明確にすることを目的とした。主要な調査分析の結果、及び得られた知見を以下に記す。

- 1) 住み替え前の住宅の断熱性能を既往研究²⁶⁾に従い推定した結果、性能の低い無断熱とS55年基準の住宅のみであった。一方、工務店向けアンケートから把握した住み替え後の住宅の熱損失係数(Q値)は、4地域(基準値2.4 W/m²K)において平均2.0(最小1.7~最大2.2) W/m²K、5~7地域(基準値2.7 W/m²K)において平均1.9(1.4~2.6) W/m²Kであり、次世代省エネルギー基準(H11年基準)を満たしていた。相当隙間面積(C値)についても、4~7地域(基準値5.0 cm²/m²)において平均0.4(0.1~0.8) cm²/m²であり、H11年基準を満たしていた。
- 2) ピッツバーグ睡眠質問票(PSQI)²⁷⁾の総合得点の平均値は、住み替え前:5.8点、住み替え後:5.7点であり、住み替えによる得点の変化は認められなかった。しかし項目毎に見ると、平均就床時間に変化がなかったにもかかわらず、平均睡眠時間は増加したことから、住み替えにより夜間に覚醒している時間が減少した可能性が示唆された。また入眠困難、及び寒さによる睡眠阻害の頻度も有意に減少しており、断熱性能向上による効果が確認された。
- 3) 高断熱住宅への住み替えにより、日中着衣量(1.01→0.89 clo)、就寝中着衣量(0.81→0.74 clo)、掛け布団枚数(2.0→1.8枚)が有意に減少していた(対応ありのt検定でp<0.01)。これは室温上昇に伴い行動性体温調節を行った結果と考えられる。
- 4) 日平均外気温は、住み替え前で6.2℃、住み替え後で6.4℃であり、平均的にはほぼ同等であった。寝室の就床時の室温は住み替え前:15.8℃、住み替え後:17.1℃であり有意差は認められなかったが、睡眠中、起床時には1%有意水準の差が確認され、起床時の室温は住み替え前:13.8℃、住み替え後:15.9℃であった。また、睡眠中の室温低下も住み替え後の方が小さく、断熱性能向上の効果が表れていた。
- 5) 住み替え前のベースライン調査において、睡眠に関する主観評価と実測データの対応が確認された。PSQIにおいて入眠困難のために睡眠が阻害されたことが「なし」と回答した対象者と比較して、「あり」と回答した対象者の入眠潜時が有意に長く、中途覚醒回数が多かった。また、夜間覚醒の有訴者は中途覚醒回数が多かった。更に上記2つの有訴者は、睡眠効率が有意に低い結果であった。寒さについても有訴者、非有訴者間に睡眠効率、中途覚醒回数に有意差が認められ、寒いと感じている者ほど入眠潜時が長く、深睡眠時間が短い傾向が観察された。
- 6) 住み替え後の睡眠の質を目的変数とした重回帰分析(変数選択法:強制投入法)の結果、睡眠効率、中途覚醒回数に対して、住み替え前後の睡眠中の室温変化による有意な影響が確認された。睡眠効率は睡眠中の室温1℃上昇により0.73%改善し、中途覚醒回数は睡眠中の室温1℃上昇により0.18回減少した。厚生労働省が公表している「健康づくりのための睡眠指針2014」に、「温

度は中途覚醒と関係する」との記述があるが、本分析によってその関係が定量的に明らかになった。

5.2 今後の課題

本研究では、冬季の室温上昇が睡眠効率、中途覚醒回数に与える影響について重回帰分析に基づき定量的に示した。下記4点を本研究の今後の課題として記す。

- 1) 本研究は約1年のスパンを空けて2度実施した追跡調査であり、高断熱住宅への住み替え直後の状態は把握できるものの室温上昇の効果が即時的なものか否か、の判断ができない点が課題として挙げられる。とりわけ睡眠の質は1.序論で示したように、その低下が長期的には生活習慣病の罹患リスクを高めるという慢性的な影響を有すると知られていることから、5年ないし10年程度の期間を設けて複数回測定する調査設計が今後必要と考えられる。
- 2) 本研究は「高断熱化をしていない群」(コントロール群)が設定されていないため、2時点の縦断データ分析において留意すべき「平均への回帰」³⁵⁾の影響による分析上の制約があった。即ち、4.2節の重回帰分析において「住み替え前の睡眠の質が低い者ほど室温変化の影響を受けやすい」といった交互作用を有する可能性も考えられるが、コントロール群が設定されていないため、「交互作用と平均への回帰のどちらの影響か」という切り分けができず、「睡眠の質×室温変化量」の交互作用項の投入が不可であった。従って、今後の縦断研究においてはコントロール群を設定したデザインが望まれる。
- 3) 本研究で用いた睡眠計は既往研究^{36),37)}によって睡眠ポリグラフ検査^{注10)}や腕時計型のアクチグラフ^{注11)}との対応が検証され、その妥当性が確認されているものの、睡眠の質を測定する上でスタンダードとされる睡眠ポリグラフ検査の結果を用いることで、脳波、呼吸状態、眼球運動、心電図等、そして睡眠段階の評価を用いたより詳細な検討が可能になると考えられる。
- 4) 本稿の分析では、一夜全体の睡眠の質について評価を行ったが、実際には睡眠状態は一夜の中で非定期的に変化するものであるため、睡眠開始後いつの時点の室温が深睡眠時間の延長に繋がり、中途覚醒を引き起こすのか、というように室温に関しても非定期的に取り扱う必要がある。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(A)(研究代表者:伊香賀俊治、課題番号:26249083)の助成、並びにハイアス・アンド・カンパニー株式会社の委託研究「高性能住宅 R+house の健康モニター調査(研究代表者:伊香賀俊治)」を受け実施したものである。調査実施にあたりご支援頂いた、馬淵富夫様、和知暖子様、ハイアス・アンド・カンパニー株式会社の皆様、調査にご協力頂いた全国各地の工務店の皆様、調査にご参加頂いた皆様に謝意を表す。更に、本論文の投稿にあたっては、匿名の査読者より大変有意義なご助言を頂いた。重ねて深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局:健康づくりのための睡眠指針2014, pp.4-15, p.37, 2014.3 [WEBサイト]
<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/000047221.pdf> (2016.5.4 参照)

- 2) 三島和夫：睡眠と生活習慣病，公衆衛生，Vol.75, No.10, pp.755-759, 2011.10
- 3) 内山真，睡眠障害の社会生活に及ぼす影響と経済損失，日本精神科病院協会雑誌，Vol.31, No.11, 99, pp.61-67, 2012
- 4) 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会，次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会：健康日本 21（第 2 次）の推進に関する参考資料，p.112, 2012.11 [WEB サイト]
http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf
 (2016.5.4 参照)
- 5) 厚生労働省：平成 26 年国民健康・栄養調査報告，p.166, 2016.3 [WEB サイト]
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h26-houkoku.pdf>
 (2016.5.4 参照)
- 6) 北堂真子，良質な睡眠のための環境づくり，バイオメカニズム学会誌，Vol.29, No.4, pp.194-198, 2005
- 7) 都築和代，温熱環境と睡眠，日本生気象学会雑誌，Vol.50, No.4, pp.125-134, 2014.1
- 8) 梁瀬度子，安眠への条件，不眠症（第 1 版），pp.275-285，有斐閣，1981
- 9) E.H. Haskell, J.W. Palca, J.M. Walker et al. : The effects of high and low ambient-temperatures on human sleep stages, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.51, No.5, pp.494-501, 1981
- 10) 鳥居鎮夫：睡眠環境学，(株)朝倉書店，pp.152-157, 1999
- 11) T. Ohnaka, Y. Tochihara, K. Kanda : Body Movements of the Elderly during Sleep and Thermal Conditions in Bedrooms in Summer, *Journal of Physiological Anthropology*, Vol.14, No.2, pp.89-93, 1995.3
- 12) K. Okamoto-Mizuno, K. Mizuno, S. Michie et al. : Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature, *Sleep*, Vol.22, No.6, pp.767-773, 1999.9
- 13) K. Okamoto-Mizuno, K. Tsuzuki, K. Mizuno et al. : Effects of partial humid heat exposure during different segments of sleep on human sleep stages and body temperature, *Physiology & Behavior*, Vol.83, No.5, pp.759-765, 2005.1
- 14) K. Okamoto-Mizuno, K. Tsuzuki, K. Mizuno : Effects of humid heat exposure in later sleep segments on sleep stages and body temperature in humans, *International Journal of Biometeorology*, Vol.49, No.4, pp.232-237, 2005.3
- 15) K. Tsuzuki, K. Okamoto-Mizuno, K. Mizuno : Effects of humid heat exposure on sleep, thermoregulation, melatonin, and microclimate, *Journal of Thermal Biology*, Vol.29, No.1, pp.31-36, 2004.1
- 16) 川島庸，垣鏑直：夏期の睡眠時における最適な冷房条件に関する実験的研究，人間と生活環境，Vol.11, No.1, pp.17-23, 2004.5
- 17) 海野賢，三宅絵美香，田辺新一：人体熱負荷とその変動が睡眠に及ぼす影響，日本建築学会環境系論文集，Vol.80, No.716, pp.917-923, 2015.10
- 18) 糸井川高穂，羽山広文，山岸浩：冷房方式の違いによる睡眠時の生理心理反応の違いに関する実験的研究，日本建築学会環境系論文集，Vol.81, No.720, pp.133-140, 2016.2
- 19) 糸井川高穂，羽山広文，山岸浩：冷房方式の違いによる仰臥姿勢の人体の末梢部位の生理心理反応の違いに関する実験的研究，日本建築学会環境系論文集，Vol.81, No.725, pp.573-580, 2016.7
- 20) 海塩渉，伊香賀俊治，安藤真太郎，大塚邦明：マルチレベルモデルに基づく室温による家庭血圧への影響—冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査その 2—，日本建築学会環境系論文集，Vol.80, No.715, pp.703-710, 2015.9
- 21) 都築和代，横山一也，横井孝志 ほか 4 名：農村地域における高齢者住宅の温熱と空気環境の実態，日本生気象学会雑誌，Vol.38, No.1, pp.23-32, 2001
- 22) 水野一枝，都築和代：低温環境が高齢者の睡眠および体温に及ぼす影響，日本家政学会第 55 回大会研究発表要旨集，p.204, 2003.5
- 23) 久保博子，宮原律子：冬期および夏期の寝室温熱環境の睡眠への影響に関する実態調査，日本人間工学会第 47 回大会，pp.270-271, 2006.6
- 24) 海塩渉，伊香賀俊治，安藤真太郎，大塚邦明：高断熱住宅への住み替え前後の家庭血圧比較—冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査その 3—，日本建築学会環境系論文集，Vol.81, No.722, pp.357-366, 2015.9
- 25) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成 24 年 1 月推計），表 1-5, 2012.1.[WEB サイト]
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/sh2401smm.html>
 (2016.6.23 参照)
- 26) 高柳絵里，伊香賀俊治，村上周三 ほか 2 名：健康維持増進に向けた住環境評価ツールの有効性の検証，日本建築学会環境系論文集，Vol.70, No.670, pp.1101-1108, 2011.12
- 27) 土井由利子，饗輪真澄，内山真 ほか 1 名：ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成，精神科治療学，Vol.13, No.6, pp.755-763, 1998.6
- 28) K. Okamoto-Mizuno, K. Tsuzuki : Effects of season on sleep and skin temperature in the elderly, *International Journal of Biometeorology*, Vol.54, No.4, pp.401-409, 2010.7
- 29) 都築和代，佐古井智紀：四季における周囲の温熱・光環境が高齢者の睡眠に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 II，pp.393-394, 2013.8
- 30) 都築和代，佐古井智紀：季節の温熱環境が青年の睡眠と温熱快適性に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 II，pp.311-312, 2014.9
- 31) 国土交通省気象庁：時に関する用語（季節を表わす用語）[WEB サイト]
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownyougo_hp/toki.html
 (2017.1.1 参照)
- 32) 白川修一郎，石東嘉和，大川匡子：老年者のサーカディアンリズム，日本薬剤師会雑誌，Vol.48, No.3, pp.341-350, 1996.3
- 33) I. O. Ebrahim, C. M. Shapiro, A. J. Williams et al. : Alcohol and Sleep I: Effects on Normal Sleep, *Alcoholism-clinical and Experimental Research*, Vol.37, No.4, pp.341-350, 2013.4
- 34) Mitchell H. Katz (訳：木原雅子／木原正博)：医学的介入の研究デザインと統計—ランダム化／非ランダム化研究から傾向スコア、操作変数法まで—，株式会社メディカル・サイエンス・インターナショナル，pp.80-81, 2013.10
- 35) 岩崎学：「処置前—処置後」データの解析と平均への回帰，行動計量学，Vol.29, No.2, pp.247-273, 2002.12
- 36) M. Hashizaki, H. Nakajima, M. Tsutsumi et al. : Accuracy validation of sleep measurements by a contactless biomotion sensor on subjects with suspected sleep apnea, *Sleep and Biological Rhythms*, Vol.12, No.2, pp.106-115, 2014.4
- 37) E. O'Hare, D. Flanagan, T. Penzel et al. : A comparison of radio-frequency biomotion sensors and actigraphy versus polysomnography for the assessment of sleep in normal subjects, *Sleep and Breathing*, Vol.19, No.1, pp.91-98, 2015.3
- 38) 日本睡眠学会：臨床睡眠検査マニュアル（改訂版），ライフサイエンス出版，pp.70-71, 2015.10

注

- 注1) 睡眠はレム睡眠とノンレム睡眠に大きく分類されるが、ノンレム睡眠のうち脳波の周期の低い成分（徐波成分）が中心となる睡眠段階。
- 注2) Rapid Eye Movement（急速眼球運動）を伴い、脳の活動は活性化しているが全身の筋肉は弛緩した状態になる睡眠段階。
- 注3) 住み替え前調査の時点では別々の住宅に居住していたが、住み替えに伴い同居を始めた対象者を含むため、住み替え前調査の有効数 54 名（29 軒）と住み替え後調査の対象数 54 名（27 軒）は同一対象者であるが、軒数が異なっている。
- 注4) 深睡眠時間は測定に用いた睡眠計を開発したメーカーの定義に従い、「10 分間連続した体動のない睡眠」の合計時間と定義している。その他の指標（睡眠効率、入眠潜時：覚醒状態から眠りに入るまでの所要時間、中途覚醒回数）は日本睡眠学会による定義³⁸⁾に従っている。
- 注5) Body Mass Index の略。BMI=体重[kg]÷(身長[m])²により算出される。18.5 未満が「低体重」、18.5 以上 25.0 未満が「標準」、25.0 以上が「肥満」に分類される。
- 注6) ピッツバーグ睡眠質問票の設問内容を下記の表 12 に示す。
- 注7) 本調査では、上半身：袖なし、半袖、七分袖、長袖の枚数、下半身：半ズボン、長ズボン、ミニスカート、ロングスカートの種類、その他：靴下、帽子の有無を問い、それらを合算して着衣量を算出している。
- 注8) 2 群の比較は、独立したサンプルの t 検定を実施した。3 群以上の比較は、一元配置分散分析を実施し、等分散が仮定されれば Tukey 法により、仮定されなければ Games-Howel 法により比較した。
- 注9) 重回帰分析の説明変数として投入した各変数の変化量のヒストグラムを図 11~15 に示す。
- 注10) 睡眠障害の程度が正確に判定できる検査。睡眠状態、呼吸状態、心電図、

睡眠中の姿勢、下肢の動き等の体動、を始めとする 10 種類程度の生理機能を同時に連続して一晩中記録する。

注11) 腕時計構造の超小型加速度センサで睡眠・覚醒の判別を行い、睡眠の質の評価を行う機器。

表 12 ピッツバーグ睡眠質問票の設問内容

No	項目	設問内容	選択肢
1	就床時刻	過去 1 か月間において、通常何時ごろ寝床につきましたか。	() 時 () 分
2	入眠潜時	過去 1 か月間において、寝床についてから眠るまでにどれくらい時間を要しましたか。	() 分
3	起床時刻	過去 1 か月間において、通常何時ごろ起床しましたか。	() 時 () 分
4	睡眠時間	過去 1 か月間の平均的な 1 日で、実際の睡眠時間は何時間くらいでしたか。 これは、あなたが寝床の中にいた時間とは異なる場合があるかもしれません。	() 時間 () 分
5	睡眠困難となった頻度	過去 1 か月間において、どれくらいの頻度で、以下の理由のために睡眠が困難でしたか。	
	-a 入眠困難	寝床についてから 30 分以内に眠ることができなかったから	
	-b 夜間覚醒	夜間または早朝に目が覚めたから	
	-c トイレ	トイレに起きたから	
	-d 息苦しさ	息苦しかったから	
	-e 咳・いびき	咳が出たり大きないびきを聞いたから	1) 週に 3 回以上、2) 週に 1~2 回
	-f 寒さ	ひどく寒く感じたから	3) 週に 1 回未満、4) なし
	-g 暑さ	ひどく暑く感じたから	
	-h 悪夢	悪い夢を見たから	
	-i 痛み	痛みがあったから	
6	睡眠の質	過去 1 か月間において、ご自分の睡眠の質を全体として、どのように評価しますか。	1) 非常によい、2) かなりよい 3) かなり悪い、4) 非常に悪い
7	睡眠薬	過去 1 か月間において、どのくらいの頻度で、睡眠薬や睡眠導入剤を服用しましたか。	1) 週に 3 回以上、2) 週に 1~2 回 3) 週に 1 回未満、4) なし
8	社会活動への支障	過去 1 か月間において、どれくらいの頻度で、車の運転や食事中、その他の社会活動中に、眠くて起きていられなくなりましたか。	1) 週に 3 回以上、2) 週に 1~2 回 3) 週に 1 回未満、4) なし
9	意欲持続への支障	過去 1 か月間において、物事をやり遂げるために必要な意欲を維持するのに、どのくらい問題がありましたか。	1) 全く問題なし、2) ほんのわずかだけ問題あり 3) いくらか問題あり、4) 非常に大きな問題あり

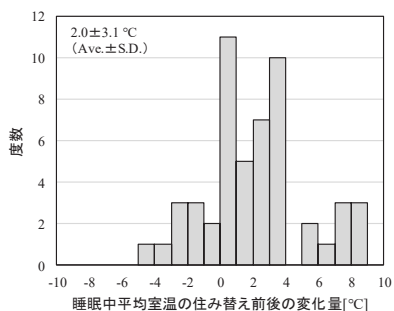


図 11 睡眠中平均室温の住み替え前後の変化量ヒストグラム

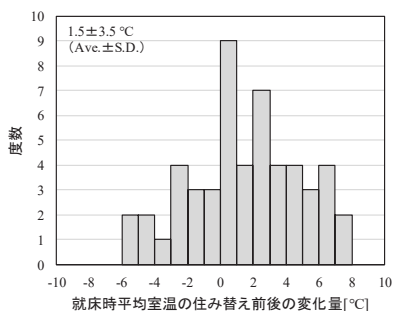


図 12 就床時平均室温の住み替え前後の変化量ヒストグラム

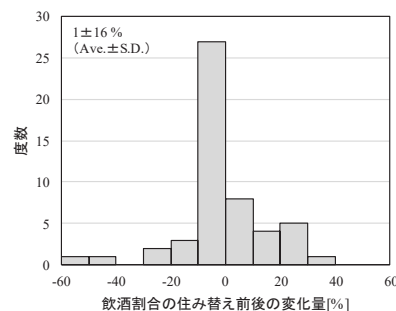


図 13 飲酒割合の住み替え前後の変化量ヒストグラム

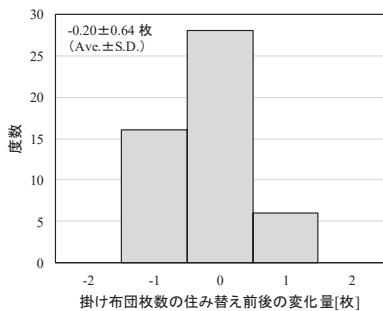


図 14 掛け布団枚数の住み替え前後の変化量ヒストグラム

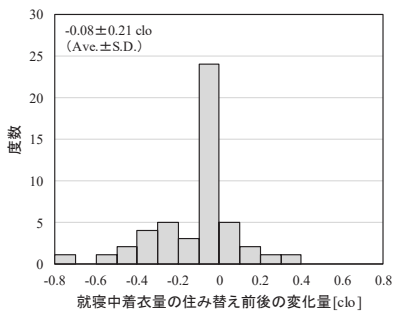


図 15 就寝中着衣量の住み替え前後の変化量ヒストグラム

IMPACT OF MOVING TO HOUSES WITH HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE ON SLEEP QUALITY IN WINTER

*Wataru UMISHIO**, *Toshiharu IKAGA*** and *Chika OHASHI****

* Graduate School of Science and Technology, Keio Univ., M. Eng.
Kajima Corporation

** Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr. Eng.

*** Nippon Telegraph and Telephone East Corporation, M. Eng.
(Grad. Student, Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.)

In Japan, the total financial loss caused by sleep disorders is estimated to be about 3.5 trillion yen annually. Chronic sleep disorders are a factor in lifestyle-related diseases and can affect life expectancy. The Japanese government has set guidelines for improving sleep-related problems (e.g., Healthy Japan 21). However, the goal for improvement of sleep-related problems,—a reduction from 18.4% in 2009 to 15.0% in 2022 in the percentage of people who do not receive adequate rest from sleep—remains unachieved, and the percentage has actually increased (20.0% in 2014).

Thus, the effect of indoor environment on sleep has attracted attention, as it greatly affects sleep quality, especially in summer and winter. However, studies of the effects of the indoor thermal environment are relatively scarce in winter compared with summer. Additionally, most winter studies are field surveys of daily life, so it is difficult to clarify the exact relation between indoor temperature and sleep quality while accounting for differences between individuals. This study therefore aimed to clarify the impact of indoor thermal environment on sleep quality by focusing on changes within individuals before and after moving to houses with high thermal insulation performance.

Follow-up investigations on sleep quality and indoor temperature were conducted in winter (2014–2016) before and after moving. Sleep quality was measured by subjects with non-contact sleep-monitoring equipment, which observes sleep/waking and sleep depth by detecting body movement using an electric wave sensor. Indoor temperature at 1.1 m above the floor was measured in the living room, bedroom, bathroom, and dressing room at 10-min intervals. During the survey periods, subjects recorded their waking time, bedtime, and whether they consumed alcohol in a daily diary. Questionnaire surveys on personal characteristics and housing were conducted. Questionnaire surveys on housing were also distributed to building contractors to receive reliable answers.

Thermal insulation performance of houses before moving were found to be at “pre-1980 standards” or “1980 standards” levels, whereas that of houses after moving satisfied “1999 standards”. There was little change in total Pittsburgh Sleep Quality Index score, but the frequencies of feeling cold in bed and difficulty falling asleep and were significantly decreased after moving, as were amount of clothing worn to bed and number of comforters used. Average daily outdoor temperature before moving (6.2 °C) was nearly equal to that after moving (6.4 °C). However, bedroom temperature when going to bed was higher after moving (17.1 °C) than before moving (15.8 °C), and the bedroom temperature when getting out of bed was significantly higher after moving (15.9 °C) than before moving (13.8 °C).

In the surveys before moving, measurement data were consistent with questionnaire responses. Sleep latency was significantly longer in subjects who reported difficulty falling sleep than in others. The observed number of nighttime awakenings was significantly higher in subjects reported nighttime awakenings than in others. Subjects who reported feeling cold in bed had lower sleep efficiency and more nighttime awakenings compared with subjects who did not feel cold. Multiple linear regression analysis found that sleep efficiency increased by 0.73% and number of awakenings decreased by 0.18 occurrences per 1 °C increase in indoor temperature during sleep. The results indicate that to obtain high-quality sleep, simple behavioral thermoregulation such as adjusting clothing or bedclothing is insufficient and that it is important to maintain an appropriate indoor temperature during sleep.

(2016年9月10日原稿受理, 2017年2月23日採用決定)