

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	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) -
Title(English)	COMPARISON OF HOME BLOOD PRESSURE BEFORE-AND-AFTER MOVING TO HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE HOUSES:A field survey on the effect of indoor thermal environment on blood pressure in winter (Part III)
著者(和文)	海塩 渉, 伊香賀俊治, 安藤 真太郎, 大塚邦明
Authors(English)	Wataru Umishio, Toshiharu Ikaga, Shintaro Ando, Kuniaki Otsuka
出典(和文)	日本建築学会環境系論文集, Vol. 81, No. 722, pp. 357-366
Citation(English)	Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 81, No. 722, pp. 357-366
発行日 / Pub. date	2016, 4
権利情報	日本建築学会

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) -

COMPARISON OF HOME BLOOD PRESSURE
BEFORE-AND-AFTER MOVING TO HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE HOUSES

A field survey on the effect of indoor thermal environment on blood pressure in winter (Part III)

海塩 渉*, 伊香賀 俊治**, 安藤 真太郎***, 大塚 邦明****

Wataru UMISHIO, Toshiharu IKAGA, Shintaro ANDO
and Kuniaki OTSUKA

This study aimed to demonstrate antihypertensive effects by moving to high thermal insulation performance houses. Field surveys on home blood pressure and indoor temperature were conducted before and after moving in winter 2014 and 2015. Systolic blood pressure (SBP) decreased by 1.5 mmHg per 1 °C increase in indoor air temperature and standard deviation (SD) of SBP improved by 2.3 mmHg per 1 °C improvement in SD of indoor air temperature in a group over 125 mmHg. However, to raise indoor temperature, it is not satisfied only by moving to high thermal insulation performance houses but adequately heating a room.

Keywords : Home blood pressure, Indoor temperature, Moving, High thermal insulation performance house, Field survey, Causal correlation

家庭血圧, 室温, 住み替え, 高断熱住宅, 実態調査, 因果関係

1. 序論

高血圧は、日本の死因の第2位を占める心疾患、第4位を占める脳卒中¹⁾の主要因である²⁾⁴⁾。「平成23年患者調査の概況」によると、高血圧の総患者数は約900万人であるが⁵⁾、「サイレントキラー」と称され、自覚症状がほとんどない高血圧の有病者は、実際には約4,300万人いると推計されており、国民の3人に1人が関わる国民病である⁶⁾⁷⁾。また、年齢が高いほど高血圧の有病者数が増える⁶⁾⁷⁾ことから、高齢化に伴い、更なる有病者数の増加が見込まれる。従って、我が国において高血圧予防は切迫した課題である。

上述のように、多くの国民が有する高血圧の予防に向けては、降圧剤で血圧を低下させるといったハイリスク者に対する強力な治療(ハイリスクアプローチ)と併せ、集団全体の血圧を適切な方向にシフトするポピュレーションアプローチが求められている⁸⁾。後者の観点から、生活習慣改善など個人レベルの対策では不十分であり、個人の努力に依らない対策である環境の改善が有効とされている⁹⁾。

以上の背景を受け、近年、住宅内温熱環境と血圧の関係に関する研究が様々なアプローチで行われ、蓄積されている。Saeki¹⁰⁾らは大規模な対象に対する自由行動下血圧の2日間の連続測定結果に基づき、羽山¹¹⁾らは医療機関が実施した在宅医療時の血圧測定結果から、長谷川¹²⁾らは長期間のフィールド調査から取得した家庭血圧データより、住宅内温熱環境と血圧の関係に対する分析・考察を行っている。筆者らも、既報¹³⁾¹⁴⁾において室温と家庭血圧の実測結果からその関係について定量的な検証を行っており、室温が1°C高い環

境下において収縮期血圧で0.57 mmHg、拡張期血圧で0.43 mmHg低いことを示唆している。しかし、上記はあくまで断面調査に基づく結果であるため、「室温の上昇が血圧を低下させる」という因果関係については言及できていないという課題を残している。

そこで国内外において、住宅内温熱環境が居住者の健康状態に与える影響について追跡調査の試みが始められている。国外の事例としては、ニュージーランドにおいて約1,300軒の住宅の半数に断熱改修を行い、改修前後に実測調査を行った事例が挙げられる。結果、断熱改修群で呼吸器不全は57%、風邪・インフルエンザは54%に減少するといった効果が確認された¹⁵⁾¹⁶⁾。国内においても、森¹⁷⁾らが窓の断熱改修を行った住宅の居住者に対して体力、活動量や睡眠の実測調査を行うなど、徐々に検証が始まっている。血圧に関する調査としては、高橋¹⁸⁾らが住宅を断熱改修した者を対象に行ったものが挙げられ、断熱改修により一定の血圧低下効果が確認されている。しかし同調査は住宅の部分改修であり、改修後に住宅内の温度差は増加するなど温熱環境が改善されたと言い難い。一般に、血圧は部屋間の温度差により大きく変動する¹⁹⁾と知られているため、住宅内の温度差の増大が、断熱性能向上による血圧低下効果を正確に評価する上での阻害要因となっている可能性が考えられる。

従って本報では、住宅の全体が断熱されている高断熱住宅への住み替えを行った居住者に対して実施した家庭血圧の実測結果を用い、同一居住者の住み替え前後の血圧を比較することで、高断熱住宅への住み替えによる血圧低下効果を実証することを目的とする。

* 鹿島建設(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)
** 慶應義塾大学理工学部 教授・博士(工学)
*** 北九州市立大学国際環境工学部 講師・博士(工学)
**** 東京女子医科大学 名誉教授・医博

Kajima Corporation, M.Eng.
(Grad. Stud., Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.)
Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr.Eng.
Lect., Faculty of Environmental Engineering, The Univ. of Kitakyushu, Dr.Eng.
Emeritus Prof., Tokyo Women's Medical Univ., M.D.

表1 実測調査の概要^{注1)}

住み替え	対象地	調査期間	温湿度				家庭血圧			
			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
前	東北～九州	2014年1月25日～	32軒 (61名)	29軒 (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 (T&D社)	61名 (32軒)	54名 (29軒)	起床後/就寝前の2回/日 居間にて測定 「家庭血圧測定の指針」 に準拠	自動血圧計 HEM-7420 (OMRON社)
後		2014年11月28日～ 2015年2月19日								

表2 アンケート調査の概要^{注1)}

住み替え	対象地	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
前	東北～九州	2014年1月25日～	61名 (32軒)	54名 (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
後		2014年11月28日～ 2015年2月19日								

2. 調査方法

2.1 調査概要

本研究では、室温と家庭血圧の因果関係を明らかにするため、表1, 2に示す期間、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、アンケート調査を実施した。調査は1軒につき2名（世帯主と同居者）を基本として行った。「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者数は、4地域：6名、5地域：26名、6地域：27名、7地域：2名、計61名であり、5, 6地域（旧IV地域）の対象が大半を占めた。実測期間は、住宅内での循環器疾患による死亡が集中する冬季²⁰⁾とした。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調査を実施した（承認番号：26-11）。

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、各住宅の居間にて家庭血圧測定を行った。測定条件は「家庭血圧測定の指針」²¹⁾に則り^{注2)}、起床後と就寝前の1日2回測定とした。家庭血圧測定と併せて、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の高さに設置して頂き、10分間隔で連続測定した。また測定期間中、対象者は起床時刻、就寝時刻、睡眠の質、飲酒の有無等を日誌に記録した。

(2) アンケート調査概要

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調査を実施した。アンケートは調査に参加した居住者に加え、その居住者の住み替え後の住宅の設計・施工を担当した工務店に対して行った。居住者向けアンケートでは、既報^{13), 14)}と同様に、個人属性・健康状態や、住宅の性能・環境といった情報を抽出することを主たる目的とし、調査票は「個人因子」、「住宅・住まい方」の2部門で構成した。個人因子は、血圧の決定要因とされる、年齢、性別、BMI^{注3)}等の「個人属性」、喫煙、飲酒頻度、食事等の「生活習慣」²²⁾を中心とした。工務店向けアンケートでも住宅の仕様に関して問うているが、こちらは居住者では回答が難しい項目に対する、専門家からの信頼性の高い回答を得る目的で実施した。尚、住み替え前後の調査票は、設問の表現や順番の変更を行わないよう配慮した。

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

住み替え前後の個人因子に関するアンケート集計結果を表3に示す。まず、個人属性に関して、住み替え前の時点で平均年齢は37

歳であり、日本の平均年齢45歳（2011年時点）より低めであった。青・壮年層が主な対象となったのは、「45歳未満で住宅を新築する者は、新築者全体の約3分の2を占める」という統計²³⁾によっても裏付けられている。住み替え前後の平均BMIはともに23 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。心疾患、脳血管疾患、糖尿病、脂質異常症、腎臓病、精神疾患、高血圧に罹患している者、及び降圧剤服用者はほぼ確認されなかった。これは対象者が比較的若いためであると考えられる。

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、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割であり、運動不足を感じている者が多くを占めた。

3.2 住宅・住まい方に関するアンケート結果

住み替え前後の住宅・住まい方に関する集計結果を表4に示す。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：67 m²、住み替え後：110 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²⁴⁾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、平均1.9 W/m²Kであり、全住宅のQ値が次世代省エネルギー基準（H11年基準）を満たしていた。また、相当隙間面積（C値）は平均0.4 cm²/m²であり、C値も全住宅がH11年基準を満たしていた。以上より、住み替え後の住宅は、断熱気密性能の非常に高い住宅であることが確認された。

続いて、居間で使用する暖房器具に関して、住み替え前は石油ファンヒーターを使用している住宅が約3割、電気こたつを使用している住宅が約4割確認され、その他ファンヒーターやストーブを使用している住宅が散見されたが、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している住宅の割合が増加した。本結果から、住み替えは暖房器具の種類にも変化を来すことが示された。

最後に暖房使用について、住み替え前は在宅中絶えず暖房を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（居間）」、「晩のみ（寝室）」の回答割合が増加し、暖房の間欠的な運転が多くなった。また、非暖房室のトイレ・脱衣所にて暖房を使用している対象者の割合は、住み替え前後に大きな変化は見られなかった。

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	27			30		
	3)	40代	14			15		
	4)	50代	3			3		
	5)	60代	1			1		
BMI	1)	痩せ(~18.5)	5			6		
	2)	標準(18.5~25.0)	36			37		
	3)	肥満(25.0~)	13			9		
		無回答	0			2		
性別	1)	男性	25			25		
	2)	女性	29			29		
心疾患	1)	なし	52			52		
	2)	治療中	2			1		
	3)	完治	0			1		
		無回答	0			0		
脳血管疾患	1)	なし	54			53		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	0			1		
		無回答	0			0		
個人属性	1)	なし	53			53		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	0			1		
		無回答	1			0		
脂質異常症	1)	なし	52			49		
	2)	治療中	2			5		
	3)	完治	0			0		
		無回答	0			0		
腎臓病	1)	なし	54			54		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	0			0		
		無回答	0			0		
精神疾患	1)	なし	53			51		
	2)	治療中	0			0		
	3)	完治	1			3		
		無回答	0			0		
高血圧	1)	なし	49			50		
	2)	治療中	4			4		
	3)	完治	1			0		
		無回答	0			0		
降圧剤服用	1)	なし	50			51		
	2)	あり	4			3		
		無回答	0			0		
味噌好	1)	薄い	7			5		
	2)	普通	36			38		
	3)	濃い	11			11		
	4)	制限している	0			0		
	無回答	0			0			
塩蔵品摂取頻度	1)	なし	9			13		
	2)	週1~2日	35			29		
	3)	週3~4日	4			11		
	4)	週5~6日	3			0		
	5)	毎日	3			1		
	無回答	0			0			
油料理摂取頻度	1)	なし	0			0		
	2)	週1~2日	17			18		
	3)	週3~4日	25			23		
	4)	週5~6日	9			12		
	5)	毎日	3			1		
	無回答	0			0			
生活習慣	1)	なし	0			0		
	2)	週1~2日	3			4		
	3)	週3~4日	11			7		
	4)	週5~6日	13			13		
	5)	毎日	26			30		
	無回答	1			0			
飲酒頻度	1)	なし	29			26		
	2)	週1~2日	8			9		
	3)	週3~4日	8			5		
	4)	週5~6日	4			8		
	5)	毎日	5			6		
	無回答	0			0			
喫煙	1)	なし	31			31		
	2)	やめた	10			10		
	3)	あり	12			13		
		無回答	1			0		
運動充足度	1)	かなり不足	28			26		
	2)	やや不足	15			21		
	3)	だいたい十分	7			5		
	4)	十分	4			2		
	無回答	0			0			

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.10 (χ²検定による住み替え前後の差の有意確率)

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	6			27		
	2)	アパート	17			0		
	3)	マンション	5			0		
		無回答	1			0		
仕様	1)	木造	11			27		
	2)	RC造	7			0		
	3)	鉄骨造	10			0		
		無回答	1			0		
延床面積	1)	50m ² 未満	9			0		
	2)	50~100m ²	12			9		
	3)	100~150m ²	3			16		
	4)	150m ² 以上	1			1		
		無回答	4			1		
断熱材の有無	1)	なし	5			0		
	2)	あり	10			27		
	3)	分からない	13			0		
		無回答	1			0		
窓ガラスの枚数	1)	1枚	19			0		
	2)	2枚	7			27		
	3)	分からない	2			0		
		無回答	1			0		
窓サッシの種類	1)	アルミサッシ	22			0		
	2)	断熱サッシ	1			27		
	3)	分からない	2			0		
		無回答	4			0		
築年数	1)	10年未満	9			27		
	2)	10~19年	9			0		
	3)	20~29年	3			0		
	4)	30年以上	4			0		
		無回答	4			0		
断熱性能	1)	無断熱	5			0		
	2)	S55年基準	16			0		
	3)	H4年基準	0			0		
	4)	H11年基準	0			27		
		分類不可	8			0		
石油ファンヒーター	1)	なし	21			26		
	2)	あり	8			1		
		無回答	0			0		
ガスファンヒーター	1)	なし	27			25		
	2)	あり	2			2		
		無回答	0			0		
暖房機器	1)	なし	25			27		
	2)	あり	4			0		
		無回答	0			0		
電気ストーブ	1)	なし	26			27		
	2)	あり	3			0		
		無回答	0			0		
こたつ	1)	なし	18			20		
	2)	あり	11			7		
		無回答	0			0		
ルームエアコン	1)	なし	8			3		
	2)	あり	21			24		
		無回答	0			0		
暖房使用時間(居間)	1)	1日中	7			8		
	2)	在宅中	30			15		
	3)	朝と晩	14			22		
	4)	朝のみ	0			2		
	5)	晩のみ	2			3		
	6)	使用しない	0			2		
		無回答	1			2		
暖房使用時間(寝室)	1)	1日中	2			3		
	2)	在宅中	11			0		
	3)	朝と晩	4			1		
	4)	朝のみ	0			2		
	5)	晩のみ	6			13		
	6)	使用しない	31			33		
		無回答	0			2		
トイレ暖房	1)	設置無	18			11		
	2)	設置有,使用無	1			1		
	3)	設置有,使用有	10			14		
		無回答	0			1		
脱衣所暖房	1)	設置無	26			24		
	2)	設置有,使用無	0			0		
	3)	設置有,使用有	3			2		
		無回答	0			1		

※1 住み替え前は既往研究²⁴⁾を参考に、窓ガラスの枚数やサッシ種類より、住み替え後は工務店アンケートのQ値より断熱性能を推定

※2 トイレ暖房は、暖房便座を含むとしている

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.10 (χ²検定による住み替え前後の差の有意確率)

3.3 住宅の温湿度測定結果

図1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5.7℃、住み替え後で5.1℃であり、やや住み替え後が低いものの、平均的にはほぼ同等であった。室温は一日を通して住み替え後の方が高く、非暖房室とされるトイレ、脱衣所の室温は、住み替え後には概ね15℃以上に保たれていた。住み替え前後の暖房室（居間）と非暖房室（トイレ）間の温度差を算出したところ、それぞれ3.3℃と2.5℃であり、住み替えに伴う空間温度差の減少が確認された。また、住み替え前後の室温の差は、起床する時間帯に顕著に表れており、一日の平均居間室温の差は1.0℃であったが、6時の時点では2.0℃であった。これは、住み替え前後の断熱性能の差が、夜間の室温低下量の大きさに影響したものと推察される。続いて、住み替え前後のそれぞれについて、全住宅の室温の平均値、標準偏差、最高値、最低値を示す（図2）。住み替えにより、各部屋において室温最低値が上昇する一方で、最高値は低下していることから、室温が安定化する傾向が認められた。以上より、高断熱住宅への住み替

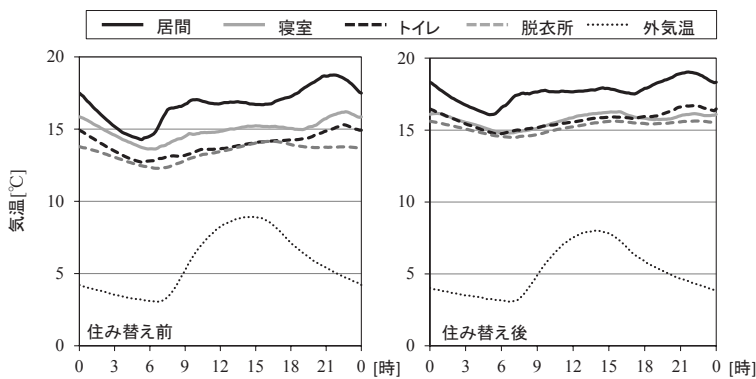


図1 一日の室温推移（左：住み替え前、右：住み替え後）

えは、①室温の上昇、②室温の安定化、の2点に寄与する可能性が示された。

3.4 住み替え前後の室内環境に対する主観評価と症状の変化

住み替え前後の室内環境に対する主観評価の結果を図3に示す。各部屋において寒さを感じる頻度は有意に減少し、特に一般に非暖房室とされる廊下、脱衣所、浴室における改善が顕著であった。加えて、寝室乾燥（冬、起きたときに鼻やのどが乾燥していること）、寝室音（窓・ドアを閉めても、室内や外の音・振動が気になって眠れないこと）、寝室光（夜、周囲が明るすぎて眠れないこと）についても有意に改善された。続いて、住み替え前後の症状の変化を図4に示す。住み替えに伴い各症状が減少することが示唆され、特に「手足の冷え」や「咳」は1%有意、「肩こり」、「良好な睡眠がとれないこと」は5%有意の差が認められた。1%有意となった「手足の冷え」は断熱性能向上による室温の上昇により改善したものと考えられる。「咳」は、上述の住み替えの際の「暖房器具の変化」に伴う空気質の改善や「寝室で乾きを感じる頻度の減少」、すなわち湿度の改善等の複合的な効果と考察される。

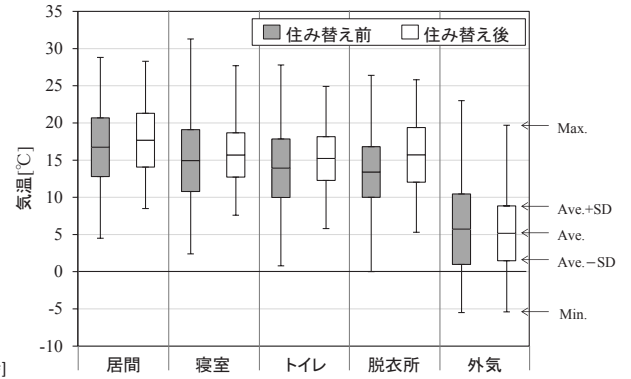


図2 住み替え前後の各部屋の室温集計（平均・標準偏差・最高・最低）

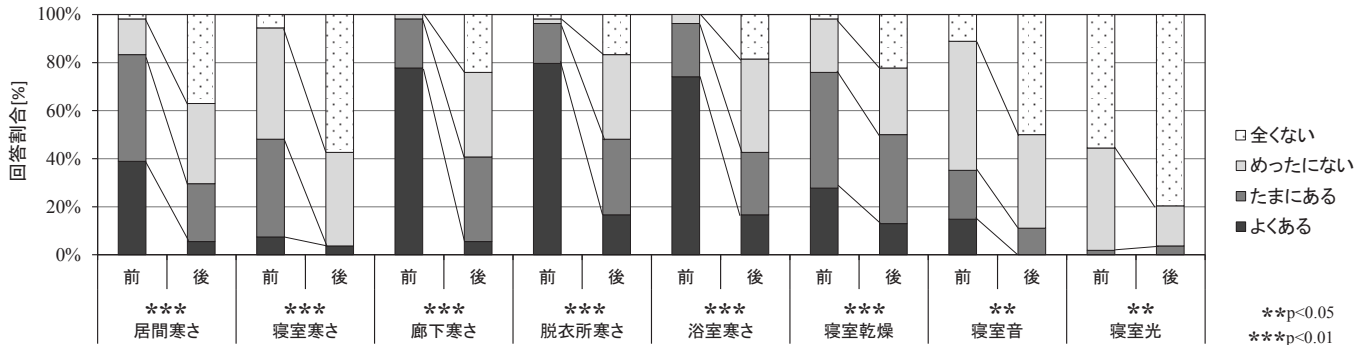


図3 住み替え前後の室内環境に対する主観評価の変化

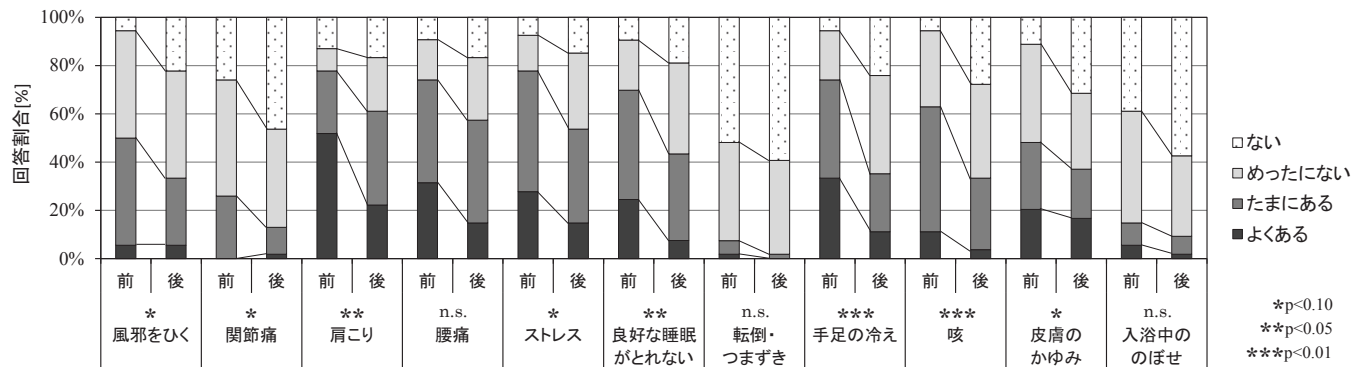


図4 住み替え前後の各種症状の変化

4. 血圧分析サンプルのスクリーニング

4.1 住み替えに伴う生活習慣の変化

住み替えに伴う室温の変化が血圧に及ぼす影響を検証するためには、住み替えに伴う室温以外の変化が小さいことが望ましい。そこで分析の前段として、3.1 節の表 3 に示した血圧の決定要因とされる室温以外の要素（年齢、BMI、飲酒頻度、喫煙の有無等）の、住み替え前後の差の検定（カイ二乗検定）を行った。その結果、10% 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比較的小さいものと考えられる。

しかし、上記の分析は対象者全体の割合として住み替え前後の変化が小さいことは把握できるが、各個人の生活習慣の変化を把握することはできない。そこで、住み替え前後に大きな生活習慣の変化があった個人は体重に変化が現れると考え、その個人をスクリーニングするため、住み替え前後の体重の散布図を図 5 に示す。大きな体重の変化が確認された対象者（直線 $y=x$ から大きく乖離した者）のうち、3 名は住み替え前後のいずれかに妊娠を経験した女性であり、その他体重が 14 kg 変化している男性が 1 名確認された。

上記の計 4 名の対象者は、住み替えによる室温上昇により血圧が低下したと結論付けるのは困難なサンプルであるため、以降の分析から除外する。

4.2 住み替え前後の外気温の比較

血圧は「外気温の高くなる夏季に低下し、外気温の低くなる冬季

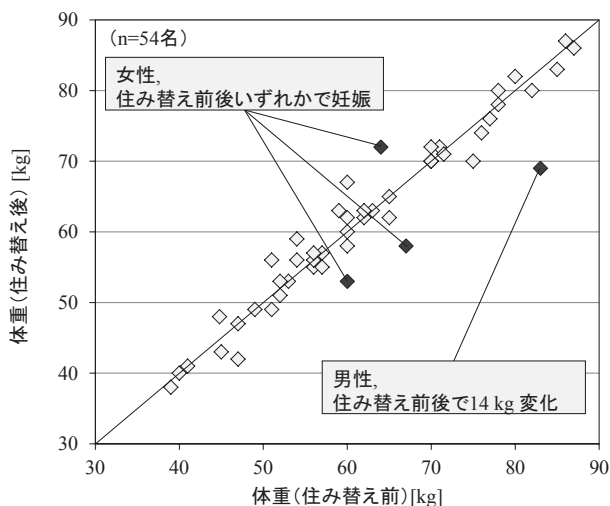


図 5 住み替え前後の体重の散布図

に上昇する」という季節変動性を有する²⁹⁾と既往研究で明らかにされていることから、住み替え前後の季節（外気条件）に極端な差がある対象者を抽出するため、住み替え前後の外気温（測定期間中の平均値）の散布図を示す（図 6）。ほぼ同等の外気条件であったが、住み替え前後の調査時期に 3 か月以上の差があった 2 軒 4 名については、前節と同様に血圧の分析の対象外とする。

5. 高断熱住宅への住み替えに伴う室温と血圧の変化

5.1 住み替え前後の室温と起床後収縮期血圧の比較

住み替え前後の生活習慣、及び外気温の差が大きいと判断され、除外された 8 名を除く 46 名について、住み替え前後の起床後の収縮期血圧と血圧測定時の居間室温の平均値を図 7 に示す。対象者の平均測定回数は、住み替え前後とも 14 回（最小：9 回、最大：15 回）であり、約 2 週間の測定はほぼ確実に行なわれていた。

図 7 では、「住み替え後の室温－住み替え前の室温」が、小さい者から対象者 ID を振っているため、対象者 ID：1~16 は住み替えにより血圧測定時の居間室温が低下した者を、対象者 ID：17~46 は住み替えにより室温が上昇した者を表す。高断熱住宅への住み替えに伴う居間室温の低下要因については後述する。ここで、住み替え前後の血圧の変化に着目すると、住み替えにより室温が低下した ID：1~16 は住み替え後の血圧が高くなり、室温が上昇した ID：17~46 は住み替え後の血圧が低くなる傾向が確認された。

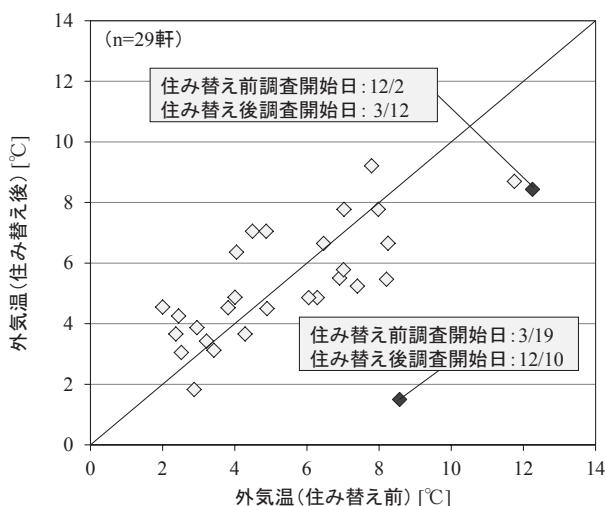


図 6 住み替え前後の外気温の散布図

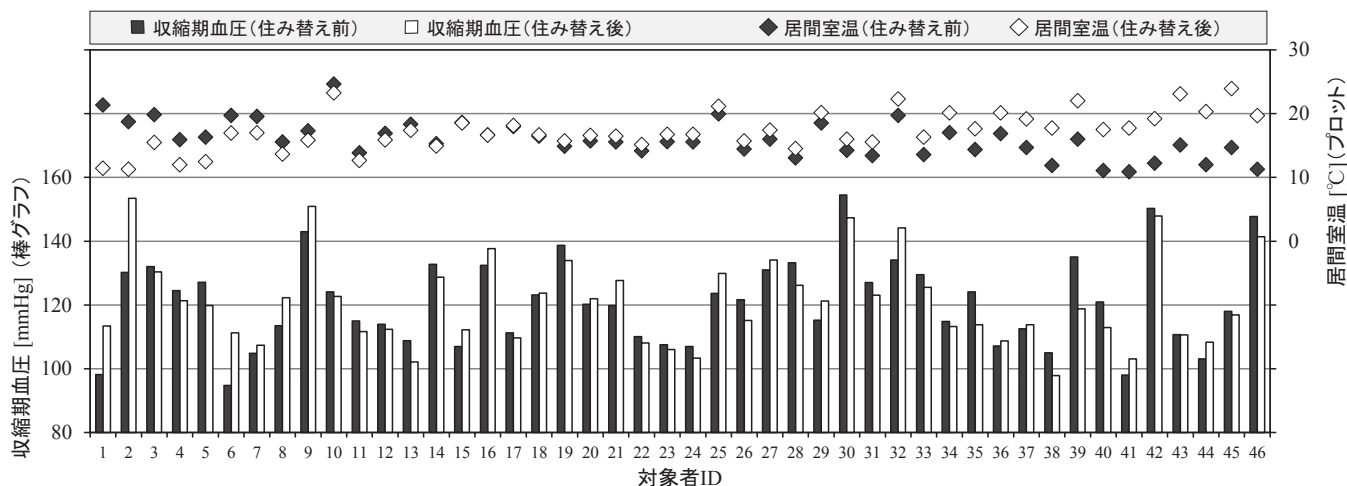


図 7 住み替え前後の居間室温／起床後収縮期血圧の比較（2 週間の平均値、n=46 名）

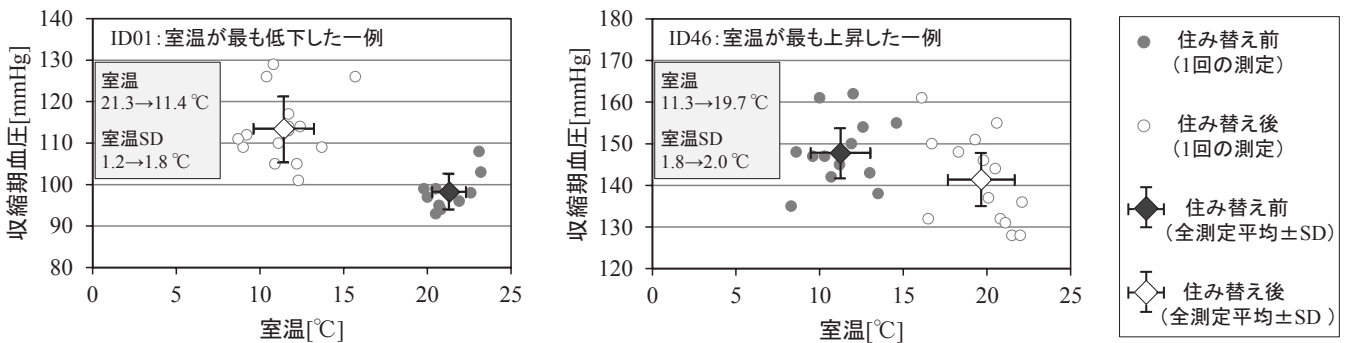


図 8 代表例の住み替え前後の室温・収縮期血圧の散布図（室温低下／上昇サンプル）

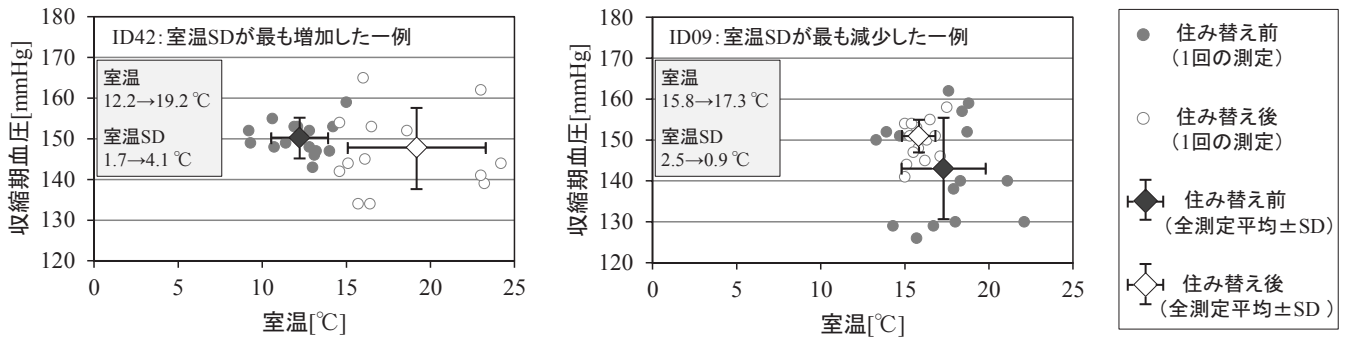


図 9 代表例の住み替え前後の室温・収縮期血圧の散布図（室温 SD 増加／減少サンプル）

5.2 代表例の住み替え前後の室温と収縮期血圧の散布図

本節では、3.3 節の住み替えに伴う①室温の上昇、②室温の安定化の 2 点に着目し、住み替えに伴う室温の低下／上昇、室温の標準偏差(以後、SD)の増加／減少が最も顕著な 4 名の代表例を選定し、起床後の室温と収縮期血圧を散布図に示すことで、住み替えによる起床後の室温の各指標の変化が血圧に及ぼす影響を検討する。

図 8 に示す住み替えにより室温が最も低下／上昇したサンプルは、それぞれ血圧が上昇／低下する傾向が確認された。また図 9 に示す室温 SD が最も増加／減少したサンプル（室温が最も不安定化／安定化したサンプル）は、それぞれ血圧が不安定化、安定化する傾向が見られた。家庭血圧の日間変動が増加すると循環器疾患の死亡リスクが上昇する²⁰⁾と知られていることから、室温の上昇のみならず、室温の安定化も血圧に好影響を及ぼす可能性があるとする。

5.3 住み替えに伴う室温変化量と血圧変化量の関係

本節では、前節において示唆した、住み替えによる室温・室温 SD の変化が血圧に及ぼす影響について全サンプル (n=46) での検証を行う。まず、住み替えに伴う室温変化量 (=住み替え後の室温-住み替え前の室温) を横軸、起床後の収縮期血圧変化量 (=住み替え後の血圧-住み替え前の血圧) を縦軸とした散布図を図 10 に示す。散布図は、日本高血圧学会の家庭血圧の分類に従い、住み替え前後の起床後収縮期血圧の平均値が 125 mmHg 未満の者を正常血圧群に、125 mmHg 以上の者を正常血圧外群に分類して作成した。その結果、正常血圧外群にのみ室温 1°C 上昇につき、収縮期血圧が 1.5 mmHg 低下するという有意な関係が確認された。続いて、住み替えに伴う室温 SD 変化量 (=住み替え後の室温 SD-住み替え前の室温 SD) を横軸、起床後の血圧 SD 変化量 (=住み替え後の血圧 SD-住み替え前の血圧 SD) を縦軸とした散布図を図 11 に示す。結果、正常血圧外群にのみ室温 SD 1°C 減少につき、収縮期血圧 SD が 2.3 mmHg 減少するという有意な関係が認められた。既報^{13), 14)}で、高

齢の対象者ほど室温による影響を受け易いと示唆されたが、本調査より比較的若い 20~40 代であっても血圧が正常範囲を逸脱している者は、室温による影響を受け易く、室温の上昇が血圧の低下を、室温の安定化が血圧の安定化をもたらすことが示された。

5.4 住み替えに伴う室温低下・室温 SD 増加要因の考察

本分析サンプルは、高断熱住宅に住み替えを行った対象者であるにも拘わらず、起床後の血圧測定時の室温が低下し、室温 SD が増加したサンプルが数多く見られた。その要因を考察するため、住み替えのパターン別に室温、室温 SD の平均値の比較を実施した。そのうち、有意差が確認された項目を図 12, 13 に示す。その結果、戸建から戸建、木造から木造に住み替えた対象者の室温は上昇し、室温 SD は低下する関係が認められた。一方で、RC 造から木造、マンションから戸建に住み替えた対象者の平均室温は低下、もしくは変化しなかった。これは、住宅の形態や構造が変わらない住み替えであれば、断熱性能の向上が室温の上昇や室温の安定化をもたらすが、「構造体への蓄熱が減少し、就寝前の暖房の効果が明け方に薄れる」RC 造から木造への住み替えや、「隣室がなくなり外気に接する面積が増加する」マンションから戸建への住み替えについては、単に断熱性能を向上するだけでは室温への好影響が得られにくいと考えられる。また、住み替え前後とも変わらず朝に暖房を使用している対象者は有意な室温の上昇が確認されたが、住み替え後に暖房を使用しなくなった対象者は室温の大幅な低下が見られた。住み替え後に暖房を使用しなくなった 6 軒中 5 軒の世帯主は、「住み替え前後で居間の寒さが変わらない、もしくは改善された」と回答していることから、高断熱住宅への住み替えという油断が暖房使用の変化をもたらした可能性がある。以上より、断熱性能が向上したにも拘わらず室温が低下・不安定化したのは、住宅形態や構造の変化といった住宅性能側の要因や、暖房を控えるようになるといった住まい手側の要因による影響を反映しているものと云える。

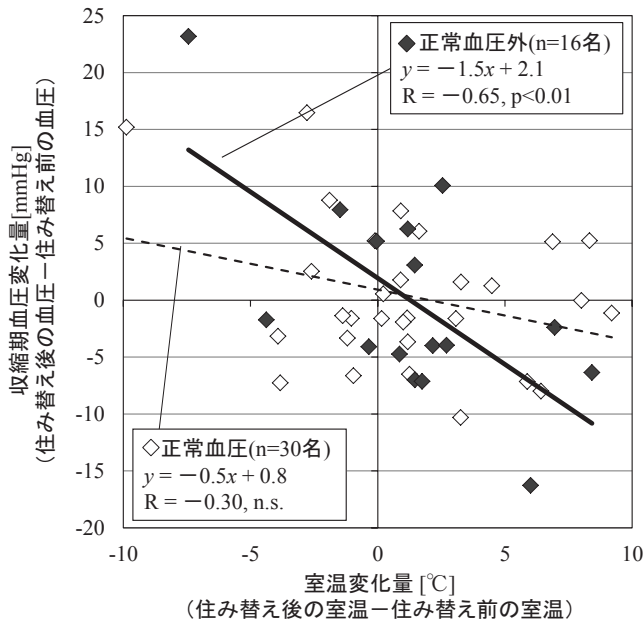


図 10 住み替えに伴う室温と収縮期血圧変化量の関係

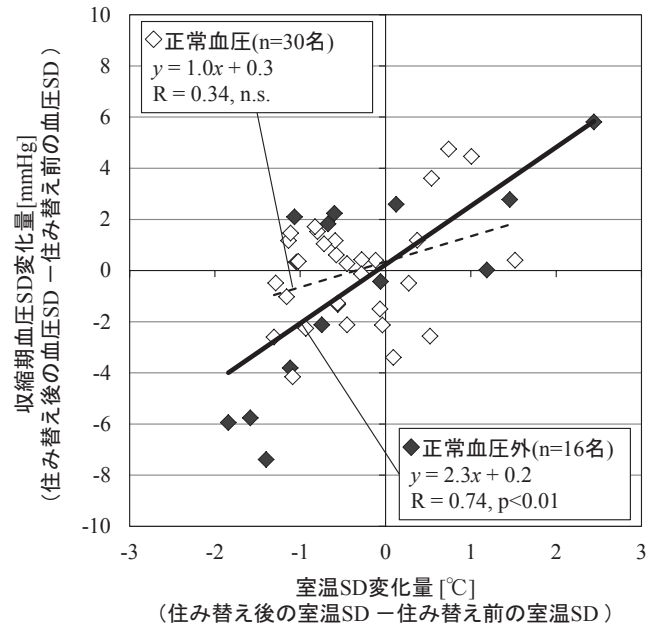


図 11 住み替えに伴う室温 SD と収縮期血圧 SD 変化量の関係

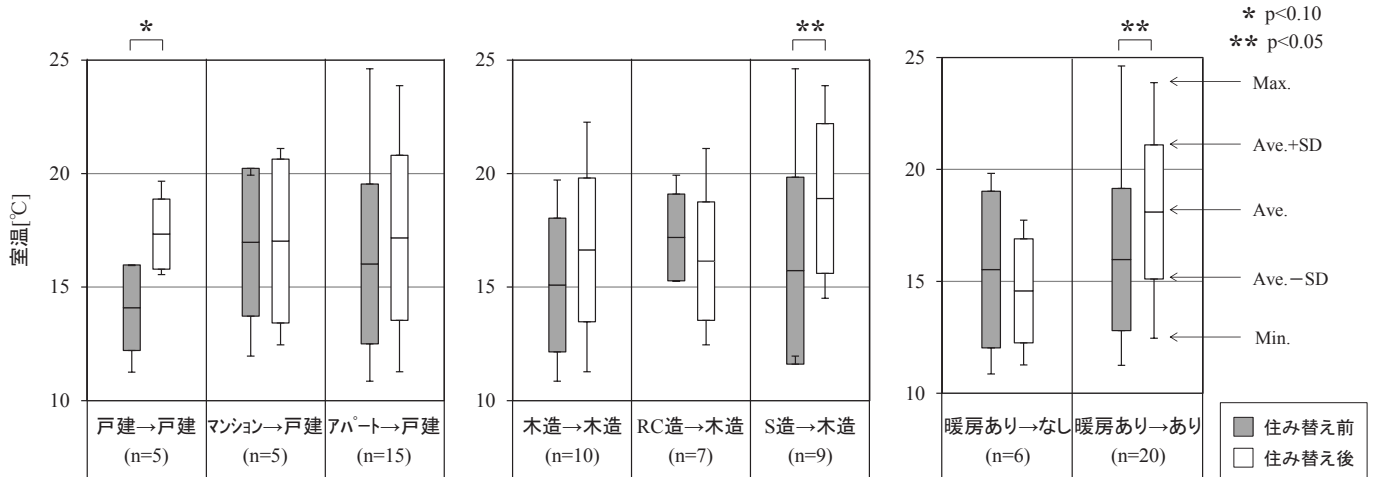


図 12 住み替え前後の室温比較 (左: 住宅形態別、中: 住宅構造別、右: 暖房使用有無別)

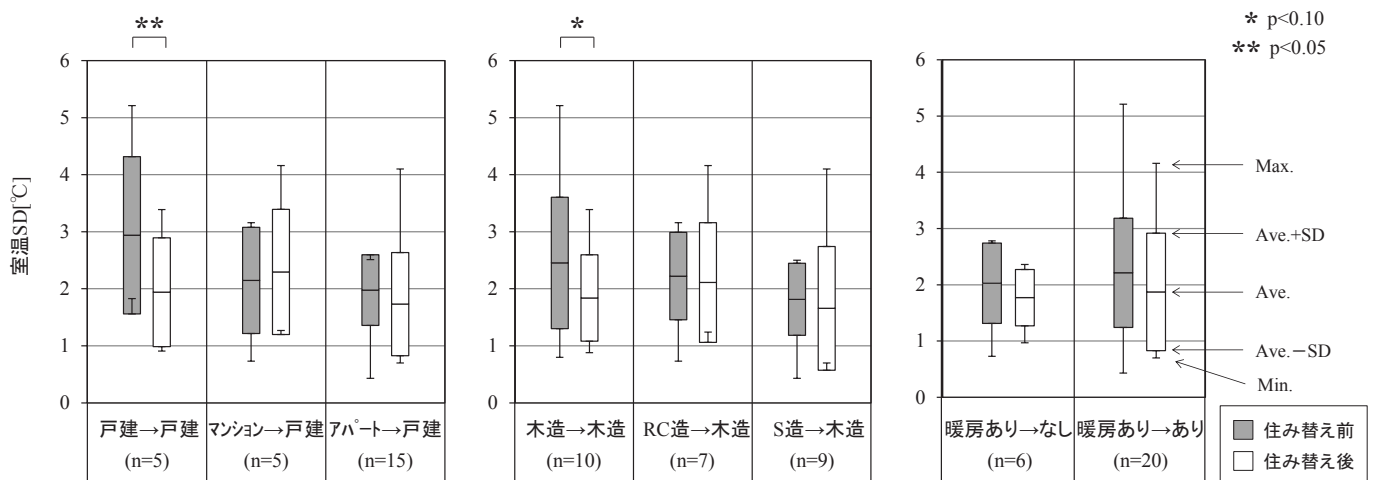


図 13 住み替え前後の室温 SD 比較 (左: 住宅形態別、中: 住宅構造別、右: 暖房使用有無別)

6. まとめ

6.1 結論

本報では、2014、2015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家庭血圧の実測結果を用いて、室温と血圧の因果関係の検証を目的とした。その結果、以下の6点の知見が得られた。

- 1) 住み替え前の住宅の断熱性能を、既往研究²⁴⁾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、住み替え後の住宅の熱損失係数(Q値)は、平均1.9 W/m²Kであり、全住宅が次世代省エネルギー基準(H11年基準)を満たしていた。また、相当隙間面積(C値)は平均0.4 cm²/m²であり、C値も全住宅がH11年基準を満たしていた。
- 2) 居間で寒さを感じる頻度を「あり」とする対象者は、住み替え前で約8割であったのに対し、住み替え後は3割弱まで減少した。この寒さを感じる頻度の改善は、暖房室である居間だけでなく、非暖房室とされる廊下、脱衣所、浴室においても確認された(全部屋において、住み替え前後に χ^2 検定で $p<0.01$ の有意差あり)。
- 3) 住み替えに伴い各症状が減少することが示唆され、特に「手足の冷え」や「咳」は1%、「肩こり」、「良好な睡眠がとれないこと」は5%の有意差が認められた。
- 4) 日平均外気温は、住み替え前で5.7℃、住み替え後で5.1℃であり、平均的にはほぼ同等であった。住み替え前後の室温の差は、起床する時間帯に顕著に表れており、一日の平均居間室温の差は1.0℃であったが、6時の時点では2.0℃であった。また、住み替えにより、各部屋において室温最低値が上昇する一方で、最高値は低下していることから、室温が安定化する傾向が認められた。
- 5) 住み替え前後の起床後収縮期血圧の平均値が125 mmHg以上の正常血圧外群のみ室温1℃上昇につき、収縮期血圧が1.5 mmHg低下するという有意な関係が確認された。また、正常血圧外群にのみ室温SD1℃減少につき、収縮期血圧SDが2.3 mmHg減少するという有意な関係が認められた。
- 6) 断熱性能が向上したにも拘わらず室温が低下・不安定化した要因を検討したところ、住み替えに伴う住宅形態や構造の変化といった住宅性能側の要因や、暖房を控えるようになるといった住まい手側の要因による影響を反映していることが示された。

以上より、血圧の低下や安定化のためには単に断熱性能の高い住宅に住み替えるのみならず、住み替える住宅の形態や構造に留意し、暖房を適切に使用する必要があることが示された。

6.2 今後の課題

本稿では、同一対象者の住み替え前後の調査により、住み替えに伴う室温上昇により血圧が低下し、室温安定化により血圧が安定化する可能性を示した。しかし、本調査は既往研究の課題であった追跡調査であるものの、約1年の変化の追跡にとどまっているため、室温上昇による血圧低下が一時的な効果である可能性を否定できない点が課題として挙げられる。加えて、本調査対象者のように高断熱・高気密住宅に住み替えを行った対象者と、低断熱・低気密住宅に住み続ける対象者とは、加齢に伴う血圧値の変化に、より顕著な差が現れる可能性も十分に考えられる。従って、今後、集団を「高断熱・高気密住宅に住み替えを行う群」と「高断熱・高気密住宅に住み替えを行わない群」に割り付け、10年以上のスパンをあげた上で断熱による効果を観察する「介入研究」を行うことで、「室温上昇

による血圧低下が一時的な効果か、もしくは持続的な効果も有するかの」検討が可能となり、真に住宅内温熱環境が血圧に及ぼす影響を解明できるものと考えられる。上記のような研究デザインによる追跡調査を本研究の最終的な課題としている。

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、和知暖子様を始めとするハイアス・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、そして調査にご参加頂いた皆様へに深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成25年人口動態統計月報年計(概数)の概況, p.10, 2014 [WEBサイト]
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai13/dl/gaikyou25.pdf> (2015.1.27 参照)
- 2) T. Yamamoto, Y. Nakamura, A. Hozawa et al. : Low-risk profile for cardiovascular disease and mortality in Japanese., *Circulation Journal*, Vol. 72, No. 4, pp.545-50, 2008.4
- 3) A. Ikeda, H. Iso, K. Yamagishi et al. : Blood pressure and the risk of stroke, cardiovascular disease, and all-cause mortality among Japanese: the JPHC Study., *American Journal of Hypertension*, Vol. 22, No. 3, pp.273-80, 2009.3
- 4) A. Hozawa, T. Okamura, Y. Murakami et al. : Joint impact of smoking and hypertension on cardiovascular disease and all-cause mortality in Japan: NIPPON DATA80, a 19-year follow-up., *Hypertension Research*, Vol. 30, No. 12, pp.1169-75, 2007.12
- 5) 厚生労働省：平成23年患者調査の概況, p.17, 2012.11 [WEBサイト]
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/11/dl/kanja.pdf> (2015.2.21 参照)
- 6) 三浦克之(研究代表者)：厚生労働省科学研究費補助金循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業「2010年国民健康栄養調査対象者の追跡開始(NIPPON DATA2010)とNIPPON DATA80/90の追跡継続に関する研究, 平成24年度総括・分担研究報告書. 2013
- 7) K. Miura, M. Nagai, T. Ohkubo : Epidemiology of hypertension in Japan. *Circulation Journal*, Vol. 77, No. 9, pp.2226-2231, 2013.9
- 8) 厚生労働省：健康日本21(総論), pp.8-10, 2000.2 [WEBサイト]
http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/pdf/all.pdf (2015.2.21 参照)
- 9) 星旦二：ゼロ次予防に関する試論, *地域保健*, Vol. 20-6, pp.48-51, 1989
- 10) K. Saeki, K. Obayashi, J. Iwamoto et al. : Stronger association of indoor temperature than outdoor temperature with blood pressure in colder months, *Journal of Hypertension*, Vol. 32, No. 8, pp.1582-1589, 2014.8
- 11) 羽山広文, 斉藤雅也, 三上遥：健康と安全を支える住環境, *保健医療科学*, Vol. 63, No.4, pp.383-393, 2014.8
- 12) 長谷川兼一, 吉野博, 後藤伴延ほか2名：脳卒中死亡に関連する住環境要因に関する調査研究 その1フィールド調査の企画と家庭内血圧の変動に及ぼす室内温度の影響, *日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊*, pp.971-972, 2015.9
- 13) 海塩渉, 伊香賀俊治, 大塚邦明, 安藤真太郎：個人因子別の家庭血圧上昇量に関する分析—冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査—, *日本建築学会環境系論文集*, Vol. 79, No. 701, pp.571-577, 2014.7
- 14) 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
- 15) P. Howden-Chapman, A. Matheson, J. Crane et al. : Effect of Insulating Existing Houses on Health Inequality: Cluster Randomised Study in the

- Community, British Medical Journal, Vol. 334, No. 7591, pp.460-464, 2007.3
- 16) P. Howden-Chapman, N. Pierse, S. Nicholls et al. : Effects of improved home heating on asthma in community dwelling children: randomised controlled trial, British Medical Journal, Vol. 337, No. 7674, pp.852-855, 2008.10
- 17) 森郁恵, 都築和代, 安岡絢子, 坂本雄三, 高橋龍太郎 : 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, Vol. 79, No. 706, pp.1061-1069, 2014.12
- 18) 高橋龍太郎, 都築和代, 小川まどか ほか 10 名 : 居室の断熱改修施工による温熱環境・健康指標への効果, 第 8 報 起床後の血圧上昇と温熱環境の改善幅による効果の違い 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.357-358, 2015.9
- 19) Y. Tochihara, N. Hamaguchi, I. Yadoguchi et al. : Effects of room temperature on physiological and subjective responses to bathing in the elderly, Journal of the Human-Environment System, Vol. 15, No. 1, pp.13-19, 2012.12
- 20) 羽山広文, 釜澤由紀, 斉藤雅也 ほか 3 名 : 住環境が死亡原因に与える影響 その 1 気象条件・死亡場所と死亡率の関係, 第 68 回日本公衆衛生学会総会, 2009.11
- 21) 日本高血圧学会 : 家庭血圧測定の指針 第 2 版, 鍼谷書店, 2011.9
- 22) 日本高血圧学会 : 高血圧治療ガイドライン 2014, pp.39-44, ライフサイエンス出版株式会社, 2014.4
- 23) 総務省統計局 : 平成 20 年住宅・土地統計調査, p.47, 2011.3
- <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/nihon/pdf/all.pdf>
(2015.2.25 参照)
- 24) 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.1101-08, 2011.12
- 25) C. Miyabashira, K. Miura, T. Ohkubo et al. : Proposal of New System to Support Lifestyle Modification For Hypertensive Patients and Its Prospects, 24th Scientific Meeting of the International Society of Hypertension, 2012
- 26) M. Kikuya, T. Ohkubo, H. Metoki et al. : Day-by-day variability of blood pressure and heart rate at home as a novel predictor of prognosis: the Ohasama study, Hypertension, Vol. 52, No. 6, pp.1045-50, 2008.12

注

- 注 1) 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 2) 起床後の測定条件は、(i)起床後 1 時間以内、(ii)排尿後、朝食・服薬前、(iii)座位 1~2 分安静後とし、就寝前は、(i) 座位 1~2 分安静後とした。
- 注 3) BMI は Body Mass Index の略称であり、 $BMI = \text{体重}[\text{kg}] \div (\text{身長}[\text{m}])^2$ 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。

COMPARISON OF HOME BLOOD PRESSURE BEFORE-AND-AFTER MOVING TO HIGH THERMAL INSULATION PERFORMANCE HOUSES

A field survey on the effect of indoor thermal environment on blood pressure in winter (Part III)

Wataru UMISHIO *, *Toshiharu IKAGA* **, *Shintaro ANDO* ***
and Kuniaki OTSUKA ****

* Kajima Corporation, M.Eng.

(Grad. Stud., Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.)

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

*** Lect., Faculty of Environmental Engineering, The Univ. of Kitakyushu, Dr.Eng.

**** Emeritus Prof., Tokyo Women's Medical Univ., M.D.

A cardiac disease is the second most common cause of death and a cerebrovascular disease is the fourth, a major cause of which is hypertension. Hypertension is an asymptomatic disease, which is called “silent killer”, affecting one-third of the population. Therefore, it is essential not only “high risk approaches” which are measures for hypertensive individuals such as treatment with an antihypertensive drug but also “population approaches” which are measures to reduce blood pressure (BP) of entire nation toward prevention of Hypertension.

Against this background, the effects of the indoor thermal environment on BP have attracted attention because it affects asymptomatic individuals. Now some studies on the relationship between BP and indoor thermal environment are accumulated. But most of the studies are cross-sectional studies, so there is a real need for follow-up studies and actual proof of causal correlation between BP and indoor thermal environment. This study aimed to demonstrate antihypertensive effects by moving to high thermal insulation performance houses.

Follow-up studies on home BP and indoor temperature was conducted before and after moving in winter 2014 and 2015. Home BP was measured by participants twice daily: before getting into bed in the evening and after getting out of bed in the morning for two weeks. 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, participants recorded the wake time and bedtime each day in a diary. Questionnaire surveys on personal factors and housing were also carried out. Besides, questionnaire surveys on housing were distributed to building contractor to get a reliable answer.

Thermal insulation performance of houses before moving was either “pre-1980 standards” or “1980 standards.” While thermal insulation performance of houses after moving satisfied “1999 standards”: heat loss coefficient (Q value) of houses after moving was 1.9 W/m²K, corresponding gap area (C value) was 0.4 cm²/m² on average. Average daily outdoor temperature of before moving survey periods (5.7 °C) was nearly equal to average daily outdoor temperature of after moving survey periods (5.1 °C). The living room temperature gap between before and after moving was the largest at a wake-up time. At 6 o'clock, living room temperature after moving was higher by 2.0 °C than living room temperature before moving. In addition, the lowest temperature had increased and the highest temperature had decreased in each room. So, stabilizing effects of indoor temperature by moving were recognized.

Systolic BP (SBP) decreased by 1.5 mmHg per 1 °C increase in indoor air temperature and standard deviation (SD) of SBP improved by 2.3 mmHg per 1 °C improvement in SD of indoor air temperature in a group over 125 mmHg. Therefore, stabilization of indoor temperature has stabilizing effects on BP. However, there were several participants whose houses got colder and more unstable after moving. To examine factors related to indoor temperature changes, a comparison of indoor temperature between before and after moving by patterns of moving was carried out. As a result, moving from a single-family house to a single-family house and from a wooden house to a wooden house became warmer and improved SD of indoor temperature. On the other hand, moving from a condominium to a single-family house and from a reinforced concrete house to a wooden house became colder. Moreover, not heating a room after moving caused a sharp decrease in indoor temperature. So, it is not satisfied only by moving to high thermal insulation performance houses but paying attention to house form and structure and adequately heating a room to improve BP value and stability of BP.

(2015年11月10日原稿受理, 2016年1月13日採用決定)