関西地域の住宅における熱的快適性に関する実態調査

—夏期の中立温度と許容範囲—

A FIELD STUDY OF THERMAL ENVIRONMENT AND THERMAL COMFORT
IN KANSAI REGION, JAPAN

—Neutral temperature and acceptable range in summer—

中谷 岳 史^{*1}, 松原 斎 樹^{*2}, 藏 澄 美 仁^{*3}

Takashi NAKAYA, Naoki MATSUBARA and Yoshihito KURAZUMI

This report presents the findings of a field study of thermal comfort and thermal environment in 30 detached houses in Hyogo, 30 apartment houses in Osaka, Japan. A total of 70 subjects provided 459 sets of data for summer, each accompanied by indoor climatic measurements. The sample of subjects consisted mostly of housewife. The average clothing insulation levels were 0.28clo. The average metabolic rate was 1.3met. Thermal neutrality, according to responses on the ASHRAE seven-point sensation scale, occurred at 27.6°C. The Operative temperature corresponding to the accepted thermal environment by 80% of the occupants is under 28.4°C.

Keywords: Field study, Thermal comfort, House, Summer, Neutral temperature, Acceptable Range

実態調査, 熱的快適性, 住宅, 夏期, 中立温度, 許容範囲

1. はじめに

住宅の快適な温熱環境をデザインするためには、居住者が快適と感じる温熱環境の範囲を把握する必要がある。許容範囲や中立温度は、住宅の空気調和設備の設定温度や制御範囲を定める際に必要不可欠である。許容範囲に関する研究は、被験者を用いた実験室実験が長年、数多く行われてきた^{1) 2)}。現在は室内温熱環境基準としてASHRAE Standard 55-2004³⁾などにまとめられている。

しかし実際の環境では実験室実験と異なり、居住者は主体的に環境に働きかけて温熱環境を調整することができる。これは環境調節行為と呼ばれ、温熱環境の形成に強く影響する⁴⁾。過去のオフィスや学校などを対象とした実態調査では、実験室実験と比べて快適範囲が広いことが報告されている⁵⁾。環境調節行為は、行動の自由度に強く制約される。一般にオフィスや学校空間では、窓の開閉、扇風機による気流速の増加、着衣量の増減が自由にできない。一方、住宅は行動の自由度が高く、実験室、オフィスよりも幅広い許容範囲を有する可能性がある⁶⁾。

中立温度、許容範囲に関する既往研究は国内外のオフィス^{5) 7) - 12)}で数多く行われている。しかし日本の住宅を対象とした実態調査は少なく^{13) - 16)}、代謝量や着衣量などの要因は考慮されていない。また許容範囲を求めた研究はない。日本の住宅は、欧米やオフィスとは異なる生活様式を持つため、他の地域の既往研究結果とは異なることが予想される。そのため日本の住宅を対象とした中立温度や許容範囲

を明らかにしておく必要がある。

そこで本研究では関西地域の住宅を対象とした実態調査をおこない、温熱環境および居住者の環境調節行為を把握するとともに、日本の住宅でまだ求められていない、中立温度と許容範囲を明らかにすることを目的とする。

2. 調査概要

調査対象地域は兵庫県宝塚市の戸建住宅及び大阪府高槻市の集合住宅である。両地域とも関西の温暖な地域にあり、調査期間中の平均外気温は最寄の気象台データによれば、兵庫で28.2°C、大阪府で28.4°Cであった(図1)。

住戸種類は、戸建住宅(兵庫県宝塚市)及び集合住宅(大阪府高槻市)である。調査住戸数は戸建住宅31戸、集合住宅31戸である。戸建住宅の居住年数は2~30年(平均11年)である。なお調査対象住戸の中に次世代省エネルギー基準をみたす住戸は含まれていない。集合住宅は居住年数が1~24年(平均9年)である。住戸階数は5階建てまでであり、高層集合住宅は含まれていない。夏期の涼の取り方としては、通風、扇風機、空調(エアコンディショニング)を単独、もしくは組み合わせていた。調査人数は70人(男性6人、女性64人)で、平均年齢は46歳(24~73歳)であった。

調査内容は、①室内の温熱環境測定②生活時間調査③温熱環境に対する主観申告、の3種類であった。調査訪問時に①の測定機器を設

*1 大和ハウス工業(株) 修士(学術)

*2 京都府立大学人間環境学部環境デザイン学科 教授・工博

*3 京都府立大学人間環境学部環境デザイン学科 助教授・工博

Daiwa House Industry Co., Ltd., Ph. M.

Prof., Dept. of Environmental Design, Kyoto Pref. Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Environmental Design, Kyoto Pref. Univ., Dr. Eng.

図1 実測期間中の外気温度

置するとともに、居住者に調査内容の説明をした。二日間の調査期間中は、居住者に②③の記入を依頼した。

調査期間は2003年8月11日～9月10日である。8月14日～17日のお盆期間は調査を休止した。調査期間は各住戸4日間である。各住戸には事前に連絡をして調査の承諾を得てから訪問を行った。調査初日は、再度調査協力の確認を行い、趣旨の説明、室内への調査器具設置の承諾、調査器具の説明、調査器具の設置、主観申告・生活時間調査用紙の説明を行い、被験者から質問がないか最後に尋ねた。また測定期間中は普段通りに生活するように教示を与えた。2日目と3日目に、被験者は主観申告及び生活時間調査用紙に記入を行い、測定器具で環境データを自動記録した。4日目に用紙及び測定器具の回収を行い、用紙の記入に不備があれば口頭で補足した。調査終了後に、相当分の謝礼を全被験者に手渡した。室内の温熱環境の測定項目は、環境側4条件(空気温度 T_a ・グローブ温度 T_g ・湿度 RH ・気流速 v)と人体側2条件(代謝量 M ・着衣量 I_{cl})である。環境側条件の測定は、グローブ温度計($\phi=150\text{mm}$)、携帯型データロガー(エスベック社製 RS-11, RT-11)、熱線風速計(KANOMAX社製, Model 6021)を用いた。測定点は、気温:床上0.1m, 0.7m, 1.1m、湿度、気流速:床上1.1m、黒球温度計:床上0.7mとした。測定間隔は5分である。温度データは回収後に、三項移動平均によるノイズ除去をおこなった。人体側条件は被験者が所定の用紙に記入した。着衣量は、日中・夜間・就寝時の着衣を用紙に記入させた。着衣量の推定は、日本人の着衣生活実態を反映していると考えられる花田ら¹⁸⁾の方法を用いた。代謝量は主観申告回答時に記入させた。代謝量は主観申告の際に5段階の作業強度(0.8～2.0met)を記入させることで推定した³⁾。主観申告は、居住者自身に記入させた。測定した測定項目をもとに、環境指標である作用温度、新有効温度、標準新有効温度(以後、 T_o , ET^* , SET^*)を求めた。

生活時間調査¹⁹⁾に用いた調査用紙は、横軸に時間軸、縦軸に行為軸を10分単位で記入させた。調査対象となる居住者行動は、生活必需時間「睡眠、食事、身の回りの用事」に加え、空調、窓開閉、扇風機の使用時間である。生活時間調査の結果はデータを「通風時」と「空調時」に分類するために用いた。

主観申告は、温冷感、熱的許容度、熱的快適感を用いた。申告をするにあたり、温冷感、熱的快適感は回答者自身の身体の感じ方を、温熱的許容度は室内の熱環境を受け入れられるかを評価するように教示を与えた¹⁷⁾。被験者には事前に、申告時の部屋の熱環境を

表1 環境要因の測定結果

状態	平均	標準偏差	最小値	最大値
気温(°C)	28.9	1.8	23.9	33.1
冷房使用時	28.0	1.6	24.2	32.0
通風時	29.5	1.7	23.9	33.1
グローブ温度(°C)	28.9	1.9	23.8	34.9
冷房使用時	28.1	1.6	26.8	30.4
通風時	29.4	1.9	23.8	34.9
相対湿度(%)	65.9	11.4	37.5	91.6
冷房使用時	56.7	9.4	37.5	87.0
通風時	70.6	8.6	49.9	91.6
絶対湿度(g/kg)	16.6	3.2	8.2	22.6
冷房使用時	13.5	2.6	8.2	21.3
通風時	18.3	1.8	12.1	22.6
足元温度(°C)	28.4	1.9	23.2	33.5
冷房使用時	27.7	1.6	23.2	33.0
通風時	28.9	1.9	23.6	33.5
気流速(m/s)	0.11	-	0.01	0.40
着衣量(Clo)	0.28	0.06	0.15	0.46
代謝量(Met)	1.34	0.39	0.90	2.00

評価するよう依頼した。主観申告は午前8時から午後12時まで2時間毎の指定申告、及び時間指定なしの自由申告とした。また「空調開始直後」「帰宅直後」「入室直後」「入浴直後」などの状況にあてはまるかを、申告の際に記入させた。空調の開始による室温の急激な低下状態や、帰宅直後や入浴後の体温が上昇した状態の申告は、「室滞在者の許容範囲の算出」に適さないと判断して分析から除外した。その結果、本報告で分析に用いる主観申告数は459である。

温冷感申告(以後、TSV)は、ASHRAEの7段階の温冷感尺度の日本語訳を用いた。「寒い(1)」「暑い(7)」を両極に配置して、中央に「どちらでもない(4)」を配置した。熱的許容度は、6段階の両極尺度であり、環境に対する感じ方を尋ねる申告である¹⁸⁾。「とても許容できない(1)」「とても許容できる(6)」を両極に配置した。熱的快適感、7段階の両極尺度を用いた。「非常に不快(1)」「非常に快適(7)」を両極として、中央に「中立(4)」を配置した。

3. 測定結果

3.1 生活時間調査

全申告の環境調節行為(冷房使用、通風、扇風機使用)の割合を、生活時間調査の結果から示す。環境調節行為を行っていない申告は全体の3.5%($n=14$)、冷房使用は36.0%($n=171$)、そして通風は60.5%($n=284$)であった。冷房の使用頻度は、通風の半分程度であり、夏期の住宅においては、通風の割合が高いことが示された。扇風機を使用しているのは、全申告の40.6%($n=192$)であった。各行為別にみると、通風時に扇風機を併用しているのは44.3%($n=126$)、冷房使用時に扇風機を併用しているのは36.2%($n=62$)であった。扇風機は、冷房や通風と組み合わせて日常的に用いられていた。

3.2 物理環境

測定期間中の室内の物理環境の測定結果を示す(表1)。また図2に気温と相対湿度の累積確率プロットを示す。測定データの70%が気温28°Cを超え、データの40%が相対湿度70%を上回っていた。日本の夏の住宅温熱環境は、ビル衛生管理法¹⁹⁾の上限基準(気温28°C以下、湿度70%以下)から外れた、高温多湿な環境である。また、申告時の居住者は軽度の作業強度をおこない、薄着ですごしていた。

図2 気温と湿度の累積確率プロット

表2 温熱環境指標の結果

	平均	標準偏差	最小値	最大値
PMV	5.1	0.9	2.2	6.8
PPD (%)	39.3	28.5	5.0	98.1
SET (°C)	27.3	2.5	21.0	32.5
ET (°C)	29.9	2.2	24.1	34.4
T _a (°C)	28.9	1.8	23.9	33.8

表3 主観申告結果

状態	平均	標準偏差	最小値	最大値
温冷感	4.6	1.8	1.0	7.0
冷房使用時	3.4	1.4	1.0	7.0
通風時	5.4	1.5	1.0	7.0
温熱的許容感	4.4	1.1	1.0	6.0
冷房使用時	4.8	1.0	1.0	6.0
通風時	4.1	1.0	1.0	6.0
温熱的快適感	4.5	1.5	1.0	7.0
冷房使用時	5.4	1.4	1.0	7.0
通風時	3.9	1.3	1.0	7.0

気温(FL. 1.1m)は23.9~33.1℃の範囲で変動し、平均28.9℃であった。行為の種別にみると、冷房使用時の平均は28.0℃であるのに対して、通風時の平均は29.5℃であり、冷房使用時よりも1.5℃高い。また上下温度差(FL. 1.1m-0.1m)の平均は0.6℃であった。上下温度差は空調時で0.4℃、通風時で0.7℃であり、両者に大きな差はみられなかった。また冷房使用時の最大上下温度差は1.8℃であり、ISO7730の基準(3℃)内であった。

室内の相対湿度は、37.5~91.6%の範囲で変動し、平均は65.9%であった。また絶対湿度は8.5~23.0g/kg'の範囲で、平均は16.9 g/kg'であった。ASHRAE Standard55-2004が定める基準(12.0g/kg')を超えていた。さらに通風時に限定すると、絶対湿度の平均は18.8g/kg'であり、ASHRAEの基準を大きく逸脱している。これらは通風時に外気湿度から強く影響された結果と考えられる。グローブ温度は、23.8~34.9℃の間で変動し、平均は28.9℃であった。行為の種別にみると、冷房使用時は28.2℃であるのに対して、通風時は29.4℃と約1℃高い値であった。気流速は、測定器の制約により全住戸の測定はできなかった。一部ではあるが、6件の測定データの平均値を解析に用いることとする。測定結果は、平均0.11m/s、最大0.29 m/s、最小0.01m/sであった。次に人体側条件、代謝量と着衣量の測定結果を示す。代謝量は平均1.3metであった。これは室内の軽い軽作業に相当

図3 温冷感申告の結果

表4 温冷感と各種温熱指標の相関

	温冷感
To	0.61***
ET*	0.66***
SET*	0.62***
PMV	0.57***
Ta	0.63***
Tg	0.59***
Tout	0.36***

* p<0.05

** p<0.01

*** p<0.001

する作業強度である。また着衣量は0.15~0.46(平均0.28)cloであった。代表的な着衣例は、薄手の半そでシャツ、丈の短いズボン、下着といった組み合わせであった。

3.3 各種温熱指標

各種温熱指標の測定期間中の算定結果を示す(表2)。実測結果には、平均値(Mean)、標準偏差(S.D.)、最小値(Min.)、最大値(Max.)の情報を載せた。Toは、23.9~33.8(平均28.9)℃であった。PMVは2.2~6.8(平均5.1)、PPDは5.0~98.1(平均39.3)%であった。暑熱側に申告が予想され、不満率もやや高い値となった。SET*は21.0~32.5(平均27.3)℃、ET*は24.1~34.4(平均29.9)℃であった。

3.4 主観申告

主観申告の結果を示す(表3)。温冷感の平均は4.6であり、「中立(4)」~「やや暖かい(5)」に申告が分布している。熱的許容度は平均4.4であり、「やや許容できる(4)」~「許容できる(5)」に申告の多くが分布していた。乾湿感は、平均4.4「中立(4)」~「やや湿っている(5)」であった。通風時は空調時と比べて1ポイント高く、相対湿度の影響を強く受けている。相対湿度の許容度は平均4.4であり、「やや許容できる(4)」~「許容できる(5)」に申告の大部分が分布していた。熱的快適感は平均4.5であり、「中立(4)」~「やや快適(5)」に申告の大部分が分布していた。

4. 考察

4.1 中立温度

中立温度とは、温冷感尺度「どちらでもない(TS=4)」に相当する室内温度である。中立温度は、線形回帰分析により求めた。目的変数は温冷感尺度を用い、説明変数をTo、ET*として、それぞれ線形回帰分析により求めた。

説明変数の選択は、温冷感申告との相関、既往研究との比較、の観

表5 既往研究との比較(中立温度, 許容温度)

	調査地域	著者	年度	調査方法	建物種別	中立温度(℃)	許容範囲(℃)
本研究	本研究	Nakaya	2003	実態調査	住宅	26.2(SET*),28.6(ET*),27.6(To)	22.1~26.7(SET*), ~28.4(To)
		Nakaya	2003	実態調査	住宅(通風時)	-	~28.4(To), ~28.9(ET*)
自然通風	タイ シンガポール	Busch deDear	1990	実態調査	オフィス	28.5(ET*)	22.0~30.5(ET*)
			1991	実態調査	オフィス	28.5(To)	22.0~29.5(ET*)
冷房	タイ シンガポール 日本	Busch deDear Nakano	1990	実態調査	オフィス	24.7(ET*)	22.0~30.5(ET*)
			1991	実態調査	オフィス	24.2(To)	22.5~24.5(To)
			2002	実態調査	オフィス	23.9(To)	-
ASHRAE Standard 55			2004	実験室実験		22.8℃~26.1℃(SET*)

図4 室内作用温度と平均温冷感申告

点から行う。説明変数は、主観申告を説明するための温度であり、過去の研究に用いられてきたものには、To, ET*, SET*, PMV, Ta, Tg, Tout (外気温度)の7種類がある。PMVは、予測温冷感指標であるため、中立温度の検討対象から除外した。温度と温冷感申告(TS)の関係を、ピアソンの相関係数で解析することにより調べた(表4)。各種温度(To, ET*, SET*, PMV, Ta, Tg)と温冷感の間には、($r=0.57 \sim 0.66$, $p < 0.0001$)それぞれ正の相関関係が観察された。しかし外気温度と温冷感の相関係数は他の温度と比べて相対的に低く($r=0.36$, $p < 0.0001$)、説明変数とするには不適当と判断した。初期の実態調査研究は、説明変数に気温やグローブ温度を用いることが多かった。しかし近年は、複数の環境要因を組み込んだ環境指標が主流である。そこで本研究では、回帰分析の説明変数に、To, ET*, SET*を用いる。そして説明変数ごとに単回帰分析を用いて回帰式を算出し、検討する。

回帰分析を行うために、0.5℃単位で切り上げたTo, ET*, SET*に対応する温冷感申告値の平均値を目的変数とした。プロットした平均温冷感のサンプル数に応じた重み付け線形回帰分析を行った(図4)。

$$TSV=0.63To-13.45$$

回帰式は統計的に有意なものであり、あてはまりも良い($F=328.9$, $prob. < 0.0001$, $R^2=0.95$)。温冷感申告で「どちらでもない($TSV=4$)」に相当する温度を、中立温度とした。ET*, SET*についても同様の分析を施した結果、中立温度は27.6℃(To), 28.6℃(ET*), 26.2℃(SET*)となった。

図5 温冷感申告と快適感申告

次に通風時、冷房使用時の申告を線形回帰で中立温度を予測しようとしたものの、通風時の申告は暑い側、空調時の申告は涼しい側に大きく偏っていた。従って「どちらでもない($TSV=4$)」に相当する温度が外挿となる恐れがあるため、分析をおこなわなかった。

次に、本調査の中立温度と、各国の暑熱地域の既往研究を比較した結果を示す(表5)。暑熱地域の既往研究で空調オフィスと自然通風オフィスの比較をすることで、空調方式の影響について検討する。

タイのオフィスを対象とした調査²⁰⁾では、自然通風オフィスで中立温度28.5℃(ET*)であるのに対して、空調オフィスで中立温度は24.7℃(ET*)であった。またシンガポールのオフィスを対象とした調査²¹⁾では、中立温度は自然通風オフィスで28.5℃(To), 空調オフィスで24.2℃(To)であった。日本では東京の空調オフィスを対象とした調査¹⁴⁾が行われており、中立温度が23.9℃(To)であることが報告されている。

本調査の中立温度は、暑熱地域の自然通風オフィスとはほぼ同様の値を示した。またタイ、シンガポールと同様に、日本においても空調と自然通風といった空調方式の差により、中立温度で3~4℃の差が現れることが明らかとなった。Bragerら²²⁾は、この理由として環境調節行動の影響に加え、室温に対する期待感が影響する可能性を指摘している。

温冷感と熱的快適感の関係を図5に示す。横軸は温冷感尺度、縦軸は熱的快適感尺度である。円の大きさは、申告数を表している。最も快適感が高いのは、温冷感が「涼しい」ときである。「涼しい」

表6 温冷感と温熱的快適感

		温熱的快適感		合計
		快適側	不快側	
温冷感	1	4 (100%)	0 (0%)	4
	2	72 (98.6%)	1 (1.4%)	73
	3	70 (100%)	0 (0%)	70
	4	67 (90.5%)	7 (9.5%)	74
	5	47 (65.3%)	25 (34.7%)	72
	6	38 (63.3%)	22 (36.7%)	60
	7	14 (13.2%)	92 (86.8%)	106
		312	147	459

表7 温熱的許容感と温熱的快適感

		温熱的快適感		合計
		快適側	不快側	
温熱的許容感	許容側	300 (82.2%)	65 (17.8%)	365
	非許容側	12 (12.8%)	82 (87.2%)	94
		312	147	459

～「暑い」にかけて、熱的快適感が低下する傾向が示された。McIntyre²³⁾は温暖気候では「やや涼しい」が好まれることを示したが、本研究の結果は、「やや涼しい」よりもさらに涼しい側である「涼しい」の申告時に、熱的快適感がもっとも快適な側にあることを示している。

4.2 許容範囲

ASHRAE Standard55-2004では、熱的許容範囲を「不満足者率が20%以下となるような空間」を実現する温度範囲を定めたものと定義している。本研究では、この定義を用いて、熱的許容率と熱的許容範囲を算出する。

熱的許容範囲の算出方法には、間接的許容 (Indirect Acceptable) と直接的許容 (Direct Acceptable) の2種類の方法がある。間接的許容は、7段階の温冷感尺度の中央3段階 (やや涼しい～やや暖かい) を許容範囲とする方法である。一方、直接的許容は、6段階の許容感の許容側 (やや～非常に許容できる) を熱的許容度とする方法である。両方とも実験室実験、実態調査を問わず広く一般的に用いられている。表6に、間接的許容と熱的快適感のクロス集計を示す。間接的許容の定義では寒い側の不快領域である「寒い」「涼しい」の申告時にも、ほぼ全申告が熱的に快適と回答している。つまり「寒い」「涼しい」環境を快適であると評価している。すなわち間接的許容では、「寒い」「涼しい」を適切に評価できないため、本研究の分析には不適当である。次に表7に、直接的許容と熱的快適感のクロス集計を示す。熱的許容感で非許容側の場合、87%以上が温熱的快適感では不快側の申告となっており、間接的許容よりも、妥当な結果が得られている。以上より、本研究では熱的許容率及び熱的許容範囲の算出に直接的許容を用いる。

許容率の算出は、許容側申告が全申告に占める割合を求める。温熱的許容度尺度を6段階にしているため、申告を非許容側 (+1～+3) と

図6 許容率 (冷房使用時, 通風時, 全申告)

図7 作用温度と非許容率

許容側 (+4～+6) の2種類にまとめた。熱環境を許容側に申告した割合は、全申告で80.0%、空調時の申告では94.6%、通風時の申告では78.0%である (図6)。多くの居住者は今回調査した環境を許容できると申告している。既往研究では、ハワイの自然通風の小学校²⁴⁾で86%、など、暑熱地域においても80%に達している。同様に湿度の許容率についても検討をおこなった。湿度環境を許容できると申告した割合は、空調時で92%、通風時で78%であった。温度、湿度の両方の面について、居住者は許容できると感じていた。今回、対象とした住宅の通風時の熱環境は、ASHRAE Standard 55-2004で具体的に示された熱環境条件からはかなり逸脱していた。それに関わらず、78%の許容率であったという事実は、注目に値すると言えるだろう。日本で調査することの意義が確認されたとも言える。

熱的許容範囲の算出には、許容度の不快側を分析に用いる。許容範囲を算出するために、0.5℃単位で切り上げたSET*, Toに対応する平均非許容率を目的変数とした。プロットした平均非許容率のサンプル数に応じた2次の重み付け重回帰分析を行った。そして非許容率が20%以下となる温度範囲を、許容範囲とした (図7)。横軸は温度、縦軸は非許容率である。ET*は統計的に有意な回帰式が得られなかったため、熱的許容範囲の下限を求めることはできなかった。SET*の80%許容範囲は、22.1℃～26.7℃ (SET*) であった。またToの80%許容範囲の上限は、28.4℃であった。

同様に通風時の熱的許容範囲の上限温度を検討する (冷房時は許容側の申告が多いため、非許容範囲を算出することができなかった)。主観申告を生活時間調査をもとに分類を行い、「通風」、「通風と扇風機の併用」の2状態を合わせた申告を、通風状態の申告とする。SET*を説明変数としたときは、熱的許容率が80%に達しないために熱的許容範囲を求めることができなかった。そこでToを説明変数に用いて分析をおこなった (図7)。80%許容範囲の上限は、28.4℃ (To) , 28.9℃ (ET*) であった。また、29.8℃ (To) で非許容率が30%となる。

なお説明変数にTaを用いた80%許容範囲の上限は、28.5℃であった。

5. 結論

関西地域の住宅を対象として、室内の熱環境に関する実態調査を行った。熱環境の測定結果と主観申告の調査結果を、生活時間調査に基づいて整理・分析した。温冷感申告と熱的許容範囲について検討した結果を以下にまとめる。

- 1) 測定期間中の室内熱環境は、かなり高温多湿であった。特に通風時の環境はASHRAEの基準値を大きく逸脱していた。しかし許容率は80%であり、通風時でも78.0%が室内の温熱環境を許容できている。従って、居住者の多くは、実測期間中住宅の温熱環境を容認していたといえる。
- 2) 今回の調査から求められた中立温度は27.6℃(To), 28.6℃(ET*), 26.2℃(SET*)であった。これらの数値は、暑熱地域の自然通風オフィスとはほぼ同様の値であるが、東京のオフィスの数値よりは、かなり高い値である。
- 3) 今回の調査から求められた熱的許容範囲の上限温度は28.0℃(To)であった。また通風時の熱的許容範囲の上限温度28.4℃(To)であった。

今回の調査で得られた中立温度と許容範囲に関する知見は、住宅における室温の目標値に活用することが考えられる。また夏期に空調を用いずに、通風で温熱的快適性を保持できる温度範囲の基準に用いることができる。

謝辞

調査に協力をいただいた居住者の皆様に感謝いたします。なお、本研究の一部に、平成14～16年度科学研究費基盤研究(C)(2) No.14580123(代表者 松原斎樹)の助成を受けた。

注)生活時間調査は日記法を中心に行い、面接法で補足をした²⁵⁾。日記法とは、被験者に1日の行動を所定の用紙に記入させる方式である。この方式の欠点は、誤りが生じやすいことや、記入の細かさや丁寧さに個人差が生じることである。そこで事前に入念な説明をした上で記入例を添付した。また用紙回収の際には、記入用紙をもとに面接を行った。特に朝・夕食前後は複数の生活行動が生じ、終了する為、注意深く確認した。

参考文献

- 1) Gagge, A.P. and Stolwijk, J.A.: An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response, ASHRAE Transactions 77(1), 247-262, 1971
- 2) Fanger, P.O.: Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation, ASHRAE Transaction, 73(2b), 1967
- 3) ASHRAE: ASHRAE Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy, Atlanta American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2004
- 4) Humphreys, M., Nicol, J.: Understanding the adaptive approach to thermal comfort, ASHRAE Transactions 104(1B), 991-1004, 1998
- 5) de Dear, R., Brager, G.: Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, ASHRAE Transactions 104(1A), 145-167, 1998
- 6) 中村泰人: オフィスと住宅の至適温度の差異に関する考察, 日本建築学会学術講演梗概集 D, 903-904, 1995
- 7) Busch, J.F.: Thermal responses to the Thai office environment,

ASHRAE Transactions 96(1), 859-872, 1990

8) de Dear, R., Fountain, M.: Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate, ASHRAE Transactions 100(2), 457-475, 1994

9) Heidari, S., Sharples: A Comparative Analysis of Short-term and Long-term Thermal Comfort Surveys in Iran, Energy and Buildings 34, 607-614, 2002

10) Nicol et al.: A survey of thermal comfort in Pakistan-toward new indoor temperature standards-, Oxford Brookes University, 1994

11) 成瀬哲生: 温熱環境と温冷感・着衣量に関する現場実態調査-学校の教室, 空気調和・衛生工学 54(1), 1-7, 1980

12) 坊垣和明・宮田紀元: 室内環境の居住後評価システム その2 オフィスにおけるPOE調査の結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, 119-120, 1990

13) 三浦寿幸・宮尾健一: 事務所建築における室内環境実態調査 その5 冷房期の熱環境, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, 133-134, 1990

14) Nakano, J. et al.: Differences in perception of indoor environment between Japanese and non-Japanese workers, Energy and Buildings 34, 615-621, 2002

15) 都築和代ほか: 関東地域の住宅における乳幼児の衣住温熱環境調査, 日本家政学会誌 52(5), 429-438, 2001

16) 花田嘉代子, 三平和雄, 佐藤由美: 繊維製品消費科学会誌 24, 363, 1983

17) 梅宮典子・中村泰人: 温熱環境評価研究における温感申告調査法の変遷 海外の研究における Thermal Comfortの申告調査法, 日本建築学会計画理論集, 518, 13-20, 1999

18) de Dear, R.J.: Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate, ASHRAE Transactions 100(2), 457-475, 1994

19) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律, 昭和45年法律第20号

20) Busch, J.F.: Thermal responses to the THAI office environment, ASHRAE Transaction 96(1), 859-872, 1990

21) de Dear, R.J.: Thermal comfort in the humid tropics: Field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings in Singapore, International Journal of Biometeorology 34, 259-265, 1991

22) Brager, G. and de Dear, R.: Thermal adaptation in the build environment: a literature review, Energy and Building 27, 83-96, 1998

23) McIntyre, D.A.: Indoor Climate, London, Applied Science Publishers, 1980

24) Kwok, A.: Thermal comfort in tropical classrooms, ASHRAE Transactions 104(1B), 1031-1047, 1998

25) 矢野眞和: 生活時間の社会学 社会の時間・個人の時間, 東京大学出版会, 1995

本研究に関連する発表論文

1) 中谷岳史ほか(2004): 住宅室内の中立温度に関する実態調査-関西地域の戸建・集合住宅を対象として-, 第28回人間-生活 環境系シンポジウム報告集, 5-8

2) 中谷岳史ほか(2004): 居住室の温熱環境に関する調査研究(その1) 関西地域の住宅を対象とした中立温度の把握, 日本建築学会学術講演梗概集 D2, 113-114

(2005年4月10日原稿受理, 2005年8月23日採用決定)