

東北地方都市部の木造独立住宅における 冬期の温熱環境に関する調査研究

正会員 長谷川 房 雄*
正会員 吉 野 博**
正会員 赤 林 伸 一***

1. 序

東北地方の冬期の気候条件は厳寒である。しかし、寒さの割には住宅における断熱材の使用率は昭和 52 年現在でおよそ 15% と低く^{文17)}、使用暖房器具は東京と同様に開放型石油ストーブと電気こたつが主流である^{文17)}。従って冬期の室内の熱的環境はおそらく十分快適とはいえない状態にあり、効率の悪い暖房が行われているものと推察される。しかしながら、東北地方の住宅における暖房実態や室内環境の実態に関する調査例は極めて少なく、今まで住宅の暖房や室内環境に関する問題点が定量的に把握できない状態にあった。

また、東北地方と一口に言っても気象条件は変化に富み、例えば冬期の太平洋側は晴天の日が多いのに対して、日本海側では曇天で雪の降る日が多く、風も強い。気候条件は、冬期の住い方、建物構造、暖房方式等に影響を及ぼしているものと推察されるが、この点に関して不明である。今後の住宅暖房の方向を探る上ではそれらの気候条件の違いも十分考慮する必要がある。

以上の点にかんがみて、筆者らは東北地方主要都市の独立住宅を対象として、次の点を明らかにすることを目的として温熱環境の実態調査を行った。

- ① 冬期の住い方および暖房設備の使用実態（使用器具、使用時間等）
- ② 一日の室温変化
- ③ 室温の一日平均値、在室時平均値、団らん時平均値、およびそれらの値と外気温との関係
- ④ 暖房時の室温のばらつき、およびそのばらつきと着衣の状況、暖房方式、建物構造、気候条件、その他の条件との関連
- ⑤ 暖房時の住戸内の温度分布（室間の分布、上下の

分布)

調査対象都市は、東北地方の気象条件の多様性、暖房形態の相違、気象台における観測データの有無等を考慮し、昭和 54 年度冬期には青森、盛岡、仙台、酒田、山形、昭和 55 年度冬期には秋田、郡山、宮古とした。また、対象住戸は、各県の住宅供給公社が分譲した住宅とした。その理由は

- ① 地域差や住い方のばらつきをみるためには、ある程度、建物構造や居住者の社会的水準がそろっていること、
 - ② 対象の選定が容易であること、
- である。今後は他の種類の住宅についても調査を実施する予定である。

なお、東北地方の住宅を対象とした温熱環境の実測調査例としては、江口らと花岡らのものがある。

江口ら^{文18)}は、昭和 42 年度に公営住宅を対象とした全国的な調査を行っており、その一環として、盛岡、仙台における軽量コンクリートプレハブ 2 階建連続住宅、各 4 戸の室内気候を調べている。花岡ら^{文19)}は、民家を対象とした全国的な調査を昭和 40 年以降実施しており、東北地方では、山形県の土座生活民家の室内気候について調べている。以上のように調査対象はごく限られているのが現状であった。

東北地方以外の木造独立住宅の調査例としては、荒谷ら^{文20)}が北海道で実施している。

2. 調査概要

2.1 対象住戸

調査対象住戸は、青森市筒井、盛岡市松園、泉市加茂(仙台市近郊)、酒田市若宮町、山形市蔵王、郡山市安積町、宮古市八木沢の公社住宅それぞれ 10 戸、秋田市四ツ小屋の公社住宅 8 戸、計 78 戸である。各都市の住戸の建設時期、面積、断熱材の使用状況、居間の窓構成、床構成、使用暖房器具等は表—1 に示す通りである。建設時期は、青森、盛岡、宮古で昭和 40 年代が 9 戸みられるが、他はすべて昭和 50 年代である。延床面積は住戸によるば

* 東北大学 教授・工博

** 東北大学 助教授・工博

*** 東京大学生産技術研究所 研究生

(昭和 57 年 3 月 30 日原稿受理日、昭和 58 年 1 月 30 日改訂原稿受理日、討論期限昭和 58 年 7 月末日)

らつきが大きく、55~160 m²まで様々である。家族構成は、夫婦+子供1~3人がほとんどである。対象住戸の平面図の典型的な例を図-1に示す。

2.2 調査内容と方法

温度の測定点数は1戸当り6点であり、温度の測定には白金測温抵抗体を使用した。乾球温度測定点は、居間の床上5 cmと床上110 cm、玄関または廊下の床上110 cm、他の部屋(寝室、台所、子供室、客間等の中から1ヶ所)の床上110 cmの各位置であり、生活の邪魔にならないように設置した。また、居間の床上110 cmの位置で、湿球温度、グローブ温度を測定した。測定箇所の例を図-1に示す。温度の記録には、打点式小型電子記録計を用いた。測定間隔は約30秒である。外気温は各地域毎に1点ずつ測定し、日射量は気象台の観測値を利用した。

実測調査と同時に、暖房時間、使用暖房器具、室内の温冷感、着衣状況等の住い方に関する書き込み調査および、室の使い方、床の保温状況、カーテンの使用状況等の聞き込み調査を行った。

2.3 分析方法

1日の区切りは、生活の連続性を考慮して、朝の4時から翌朝4時までとした。実測したデータは30分毎に平均して読み取った。また、住い方調査と温度の記録から、在室時間、暖房時間、団らん時間を読み取った。団

らん時間とは、夕食後比較的溫度が安定している時間帯をさし、およそ午後7~10時の間である。以上のデータを基に電算機で処理した。

2.4 調査期間と屋外環境

調査期間は表-1の最下欄の通りであり、いずれも約2週間である。地域間の比較をするためには本来同一の時期に長期間測定することが望ましい。しかし、今回は計測器の数や人手の関係から、測定期間の短さは多少犠牲にして、多数の住戸の温熱環境を調査する事を主眼とした。その為に都市毎に測定期間をずらし、その期間の平年外気温がほぼ等しくなるように調査の順番を考慮した。各都市の調査期間中、3時間毎に読み取った外気温の度数分布を図-2に示す。外気温は、青森で平年に比べて1~10℃高めであった。盛岡では、平年に比べてかなり高温の日が4日間観測された。仙台、酒田、秋田、郡山、宮古はほぼ平年並であり、山形では平年より低い日が多かった。その結果、各都市の調査期間中の平均外気温は-2.5℃~5.5℃の範囲でばらついており、青森が相対的に高く、山形、郡山が低かった。調査期間中の平均終日日射量は、青森967 kcal/m²、盛岡1313 kcal/m²、仙台1755 kcal/m²、酒田1174 kcal/m²、山形2610 kcal/m²、秋田760 kcal/m²、宮古2030 kcal/m²であり、青森、秋田が相対的に少なく、山形、宮古が多かった。平均風速は、酒田が4.6 m/sで最も大きく、秋田が

表-1 調査対象住戸の概要

(数字は件数を示す)

	青 森	盛 岡	仙 台	酒 田	山 形	秋 田	郡 山	宮 古	合計 (%)
調査対象住戸数	10	10	10	10	10	8	10	10	78 (100)
建設時期	昭43~53	昭49~54	昭53	昭53	昭53	昭51~54	昭54	昭49~50	-
住宅面積 (m ²)	59~156	66~133	75~99	60~119	55~108	80~120	66~119	59~88	-
断熱材の使用状況	壁	7	10	10	10	10	8	10	75 (96)
	床	1	0	4	2	4	8	0	19 (24)
	天井	7	4	10	10	10	0	10	61 (78)
居間の窓構成	二重ガラス	9	3	0	0	0	1	0	13 (17)
	ガラス+障子	1	4	4	6	4	2	2	28 (36)
	雨戸付	0	0	1	1	4	0	0	6 (8)
	カーテン二重	4	7	7	6	4	7	5	41 (53)
居間の床構成	じゅうたん	2	4	6	2	4	6	1	27 (35)
	じゅうたん+ござ	0	0	0	0	1	0	0	1 (1)
	畳	2	0	3	2	1	0	4	12 (15)
	畳+ござ	2	0	0	2	1	1	0	7 (9)
	畳+じゅうたん	4	6	1	4	3	1	5	31 (40)
居間の暖房器具	開放型石油	3	2	5	7	5	3	7	40 (52)
	半密閉型石油	6	2	0	0	0	2	0	10 (13)
	密閉型石油	1	5	5	3	5	3	2	26 (33)
	セントラル暖房	0	2	0	0	0	0	1	3 (4)
	電気こたつ	1	7	7	7	8	5	9	54 (69)
電気カーペット	0	1	0	1	1	0	0	3 (4)	
世帯主年齢 (才)	38~61	33~51	30~54	30~35	32~45	29~52	25~55	35~77	-
調査期間	昭54 11/27	昭54 12/14	昭55 1/10	昭55 1/25	昭55 2/13	昭55 12/3	昭56 1/20	昭56 2/10	-
	112/10	12/25	1/22	2/5	2/24	12/20	2/3	2/25	-

4.4 m/s, 郡山が3.1 m/sであり, その他の都市は2.4 m/s以下であった。

3. 対象住戸の居間における断熱保温状況

3.1 断熱材の使用状況

断熱材の使用状況を表-1に示す。青森で昭和46年

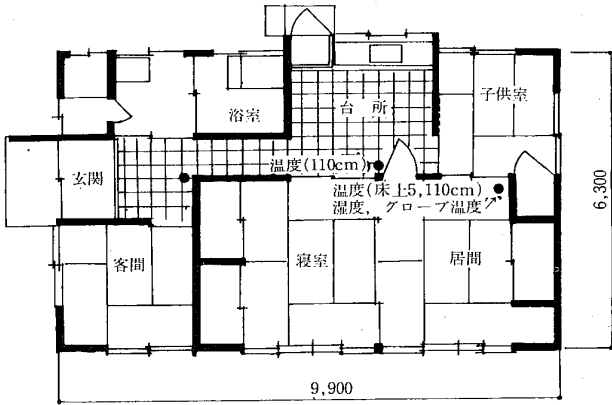


図-1 対象住戸の平面図の1例

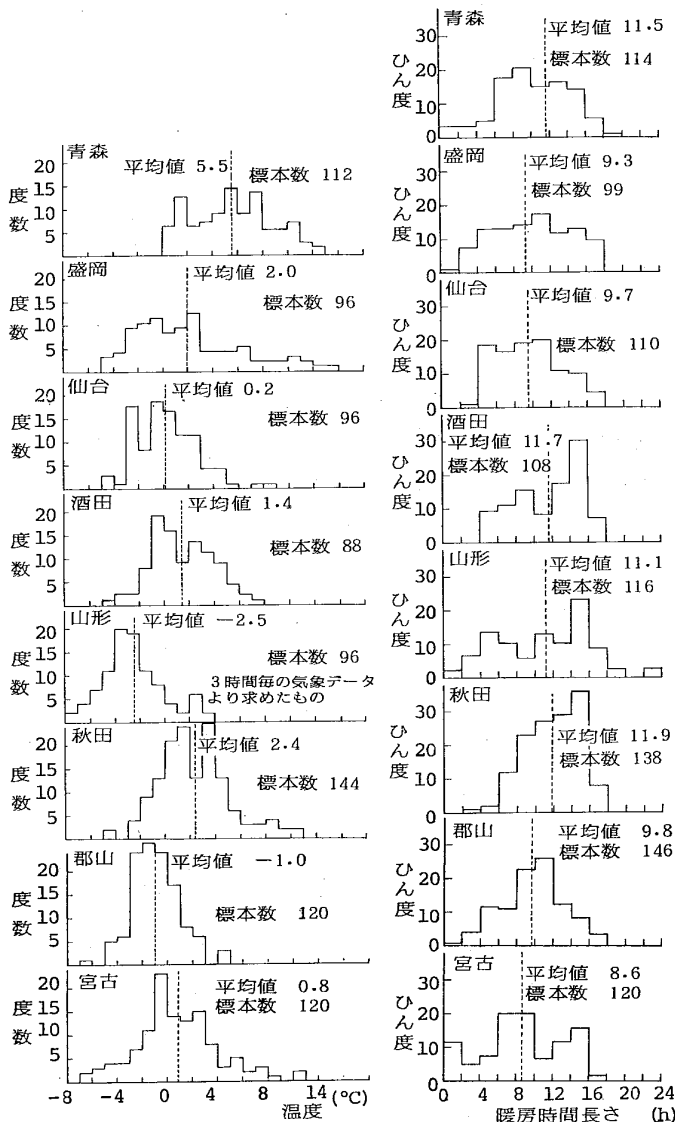


図-2 調査期間中の外気温度の度数分布

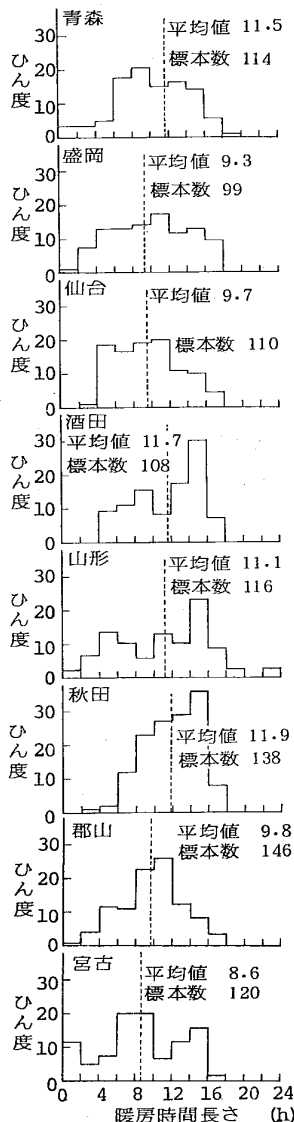


図-3 暖房時間長さの度数分布

以前に建設された3住戸には断熱材が施されていないが, その他の住戸では少なくとも外壁には施されている。建設時期の新しい住戸では, 外壁と天井に断熱材が施されているが, 壁, 床, 天井のすべてに施されている住戸は12%と少ない。

3.2 窓の構成

青森では, ほとんどの住戸が2重ガラスである。盛岡では, 2重ガラスが3戸, 障子とガラスで2重が4戸である。仙台, 酒田, 山形, 宮古では障子とガラスで2重の住戸と単層ガラスの住戸がほぼ同数である。秋田, 郡山では単層ガラスの住戸が多い。山形では, 雨戸を設置している住戸が4戸あった。

3.3 床の保温状況

どの都市でも, 畳敷や板敷の床にじゅうたん等を敷いている住戸が多い。畳敷の上じゅうたんを敷いている住戸は全体の40%である。

4. 居間における暖房設備の使用実態

温度の測定結果によれば, ほとんどの住戸では居間のみで暖を採る一室暖房である。他の部室では暖房器具が置かれていてもほとんど使用されていない。そこで本章では, 主に居間で使用されている暖房設備の使用実態について述べる。

4.1 使用暖房器具

調査期間中に居間で使用された暖房器具を表-1に示す。ストーブの熱源はすべて石油を使用している。電気こたつは69%の住戸で使用されており, そのほとんどの住戸で石油ストーブを併用している。青森では, 能力の大きい煙突付石油ストーブを使用している住戸が6戸あり, それらの住戸では電気こたつは併用されていない。

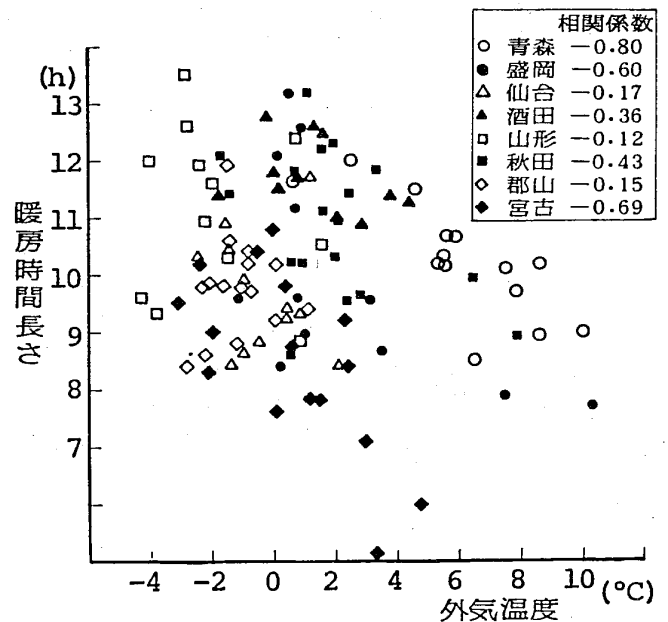


図-4 日平均外気温度と暖房時間長さ

また、セントラル暖房の住戸が、盛岡で2戸、郡山で1戸、電気カーペットを使用している住戸が、盛岡、酒田、山形で各1戸みられた。居間以外の部屋でも、主寝室、子供室等で石油ストーブや電気ストーブを使用している住戸もあるが、使用時間は非常に短い。

4.2 暖房時間長さ

本論文では、1日の間に暖房を行っている時間の合計を暖房時間長さと呼ぶことにする。1住戸の暖房時間長さを1標本として、各都市の暖房時間長さの度数分布を図-3に示す。ばらつきは非常に大きい。ただし、8都

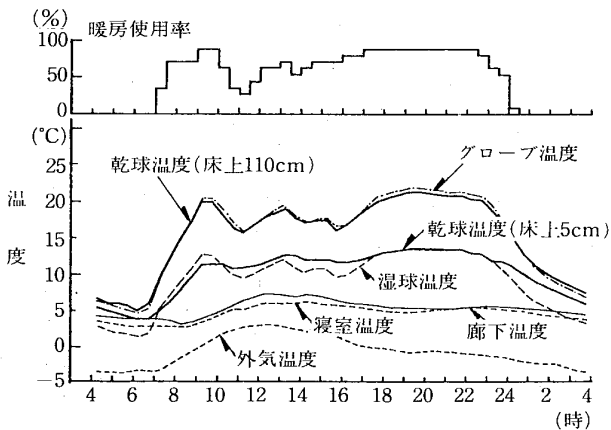


図-5 調査期間中の暖房使用率と温度の平均日変化

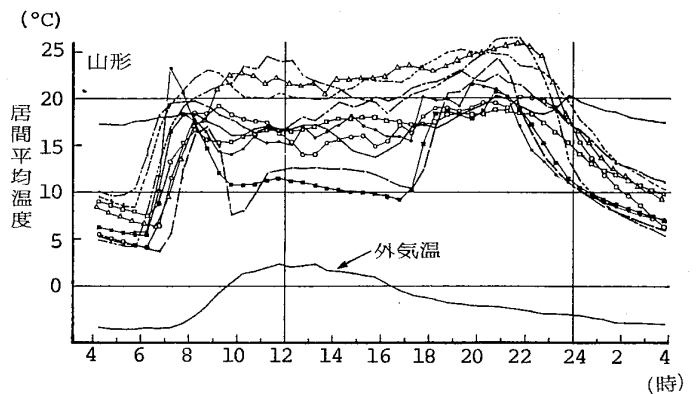


図-6 山形市における10戸の居間(床上110cm)温度に関する調査期間中の平均日変化

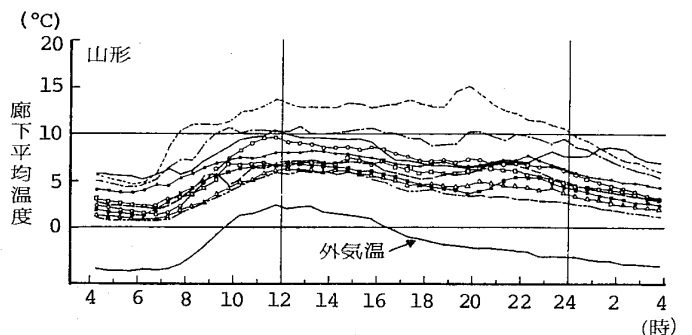


図-7 山形市における10戸の廊下(床上110cm)温度に関する調査期間中の平均日変化

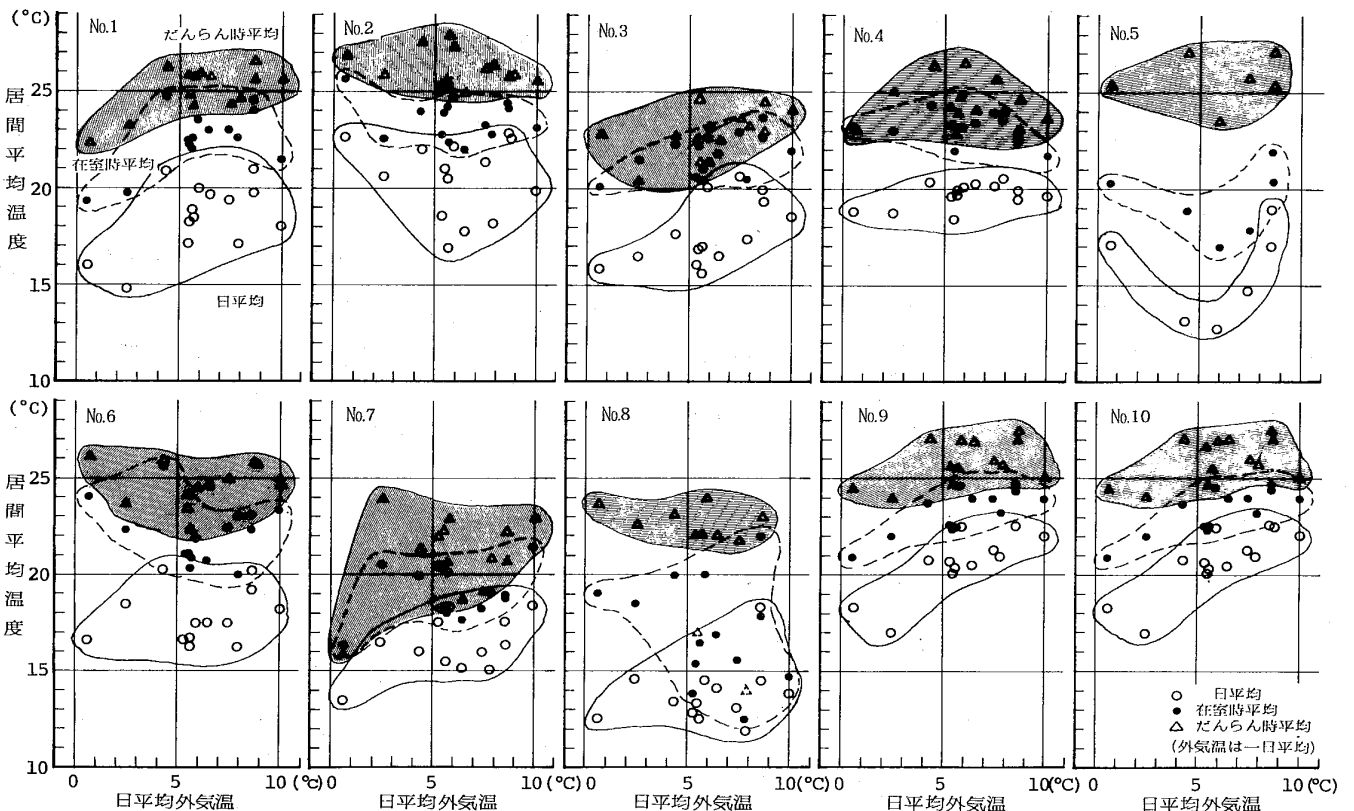


図-8 青森の各住戸の日平均外気温度と居間平均温度の関係

市で外気温の平均値に差があるにもかかわらず、暖房時間長さの平均値は、8.6~11.9 hであり、大きな差はみられない。全標本の平均値は10.5 hである。

4.3 外気温と暖房時間長さ

各都市における全住戸の暖房時間長さを1日毎に平均し、日平均外気温との関係で示すと図-4のようになる。いずれの都市でも、外気温が低くなると暖房時間が長くなり、両者は負の相関を示す。相関係数は、青森、盛岡、宮古では絶対値が0.6以上と大きい、その他の都市では小さい。

5. 住戸内各室における温度の測定結果とその分析

5.1 各室温度の日変化

図-5は仙台のある住戸における10日間の室温の平均日変化と居間の暖房使用率である。暖房使用率の変化に伴って居間温度も変化していることが判る。暖房使用率の高い居間の床上110 cmの朝と晩の温度は20~24℃の範囲に入っているが、同じ居間の床上5 cmの温度は約13℃と低い。また、暖房停止後の温度降下は急激であり、明け方の最低室温は約5℃となる。一方、非暖房室である寝室および廊下の温度は、1日中5℃前後で非常に低い状態にある。このような室温の特徴はほとんどすべての住戸にあてはまる。次に、居間および廊下の床上110 cmの温度を取り上げて、山形の各住戸における調査期間中の平均日変化を、重ね合わせて示すと図-6、

図-7のようになる。居間温度の日変化は住戸によるばらつきが非常に大きい。しかし、ほとんどの住戸で7~9時と19~22時にピークがみられる。19~22時(夕食後の団らん時)の居間温度はおよそ18~25℃の範囲に入っている。ただし、明け方の温度は5~10℃である。一方廊下温度は住戸によるばらつきが比較的少なく、日変化の幅も小さい。他の都市についても、このような傾向はほぼ同様であるが、郡山では夜間の団らん時の居間温度が、他の都市に比較してやや低めであった。

5.2 平均室温と外気温の関係
青森を例にとって10戸の日平均外気温と居間温度の日平均値、在室時平均値、団らん時平均値との関係を示すと図-8のようになる。住戸によるばらつきが非常に大きい。日平均値は外気温の低下と共に下がる傾向がみられるのに対し、団らん時の温度は外気温にあまり左右されず、ほぼ一定である住戸が多い。例えばNo 9, No 10の住戸では、外気温の低下と共に居間温度の各平均

値はいずれも低下する傾向がある。一方、No 2, No 6の住戸では外気温の影響が比較的少ない。

次に以上の値より、居間温度の日平均値および団らん時平均値の外気温に対する回帰直線を求め、秋田市の例を示すと図-9のようになる。日平均値の回帰直線の傾きは、1住戸を除いて外気温の低下と共に下がる傾向がある。一方、団らん時平均値の回帰直線の傾きは、住戸によるばらつきが非常に大きい。外気温の影響を受けずに安定している住戸もあれば、外気温の低下と共に逆に室温が上昇する住戸もある。後者の例はやや異常である。測定期間が短く、少ないサンプルから回帰直線を求めているためこのような結果になったものと考えられ、暖房期間を通じてそのような傾向を示すかどうかは疑問である。ちなみに江口ら^{文18)}のコンクリートプレハブ公営住宅の調査によれば、札幌の住宅では外気温に影響されずほとんど一定の室温が維持されているのに対して、本州の住宅では外気温の低下と共に日平均室温は低くなっていると報告されている。

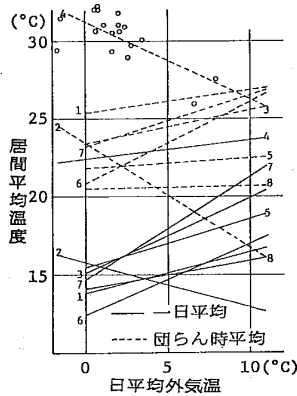


図-9 外気温に対する居間温度の回帰直線(秋田市)

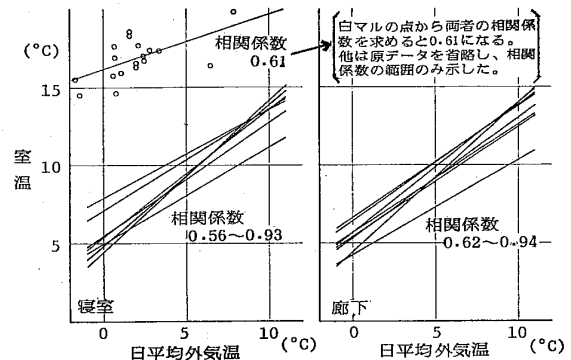


図-10 外気温に対する寝室および廊下の温度の回帰直線(秋田市)

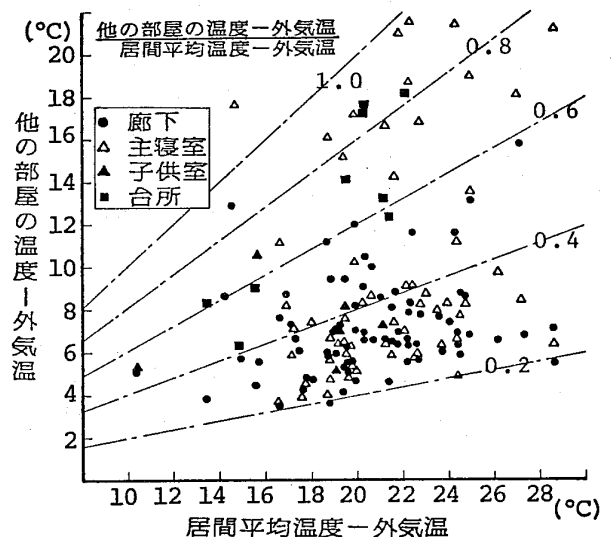


図-11 居間と他の部屋の団らん時の平均温度

廊下および寝室の日平均温度の日平均外気温に対する回帰直線を示すと図-10のようになる。廊下温度および寝室温度ともに外気温との相関は高く、相関係数は大部分の住戸で0.7以上である。すなわち、非暖房室の温度は外気温の影響を強く受けていることが判る。

5.3 団らん時における室間の温度差

団らん時における室間の温度差をさらに詳しく検討するため、居間温度と他の部屋の温度を外気温基準で求め、両者の関係を調べた。全住戸まとめて示すと図-11のようになる。図から、寝室温度の居間温度に対する比率は0.2~1.0、廊下温度の比率は0.2~0.5の範囲に入ることがわかる。

ここで既往の調査例と比較してみる。荒谷ら^{文21)}の調査によれば、北海道の無断熱の住宅では、居間温度が20℃、外気温度が-10℃の時、南寝室は約8℃、北寝室は約-2℃であったと報告しており、南寝室の居間温度に対する比は0.6、北寝室は0.27である。また、勝田ら^{文22)}によるコンクリートアパートの室温調査によれば、団らん時の南室(居間)が約20℃の時、北室は約15℃であることが示されている。外気温度が0℃であるとすれば、北室の南室に対する比は0.75である。

この場合室間温度差は比較的小さい。また、英国各地の住宅1000戸を対象とした全国的な室温調査^{文23)}によると、測定時間は短い、全住戸平均値で、居間が18.3℃、台所は16.7℃、最も暖かな寝室は15.2℃であったと報告されており、室間の温度差は小さい。

以上のように、室間の温度差が大きい点は、断熱の不十分な独立住宅において特徴的なことの1つである。

5.4 室温に関する地域比較

(1) 外気温が0℃の時の日平均室温と団らん時平均室温

各都市の住戸の日平均室温を共通の外気条件で比較するため、日平均室温の外気温に対する回帰直線から、外気温が0℃の時の温度を求め、都市別に度数分布で示すと図-12のようになる。全体的にみると居間の日平均温度は17~23℃の範囲で大変ばらついている。また、都市別にみると、宮古、郡山を除けば、平均値は15~17℃の範囲に入り、6都市の差は少ない。一方、郡山、宮古は平均値が低い。また、団らん時の居間温度もこの2都市を除いた都市では18~27℃の範囲である。郡山、宮古はやはり低くなっている。郡山の場合には、居間と考えていた部屋以外の部屋で団らんをする場合もある住

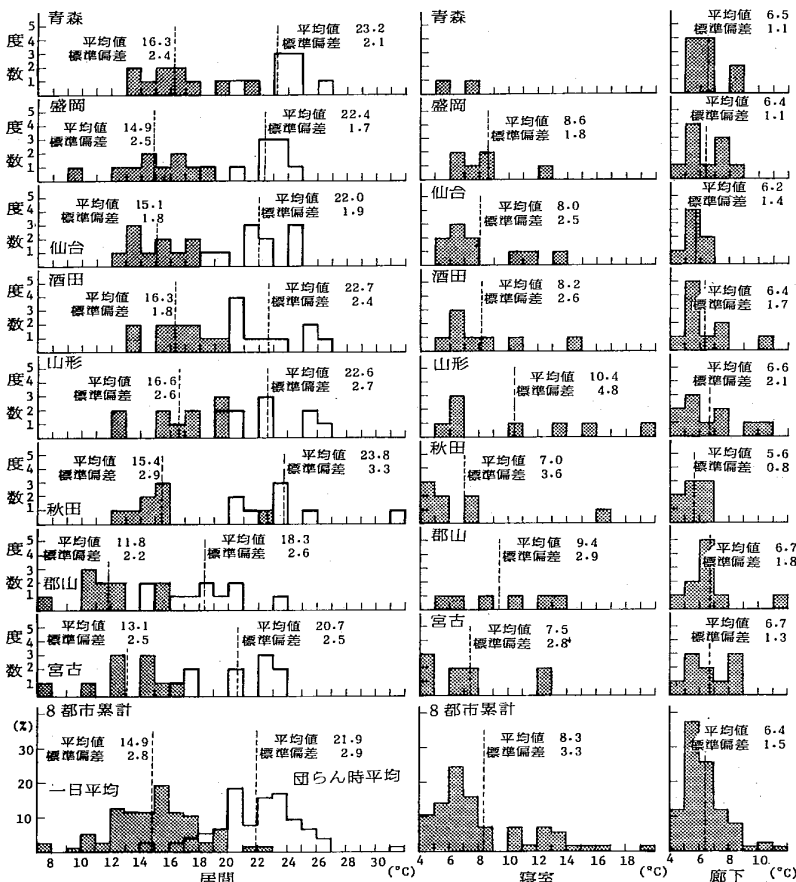


図-12 外気温が0℃の時の平均室温の度数分布

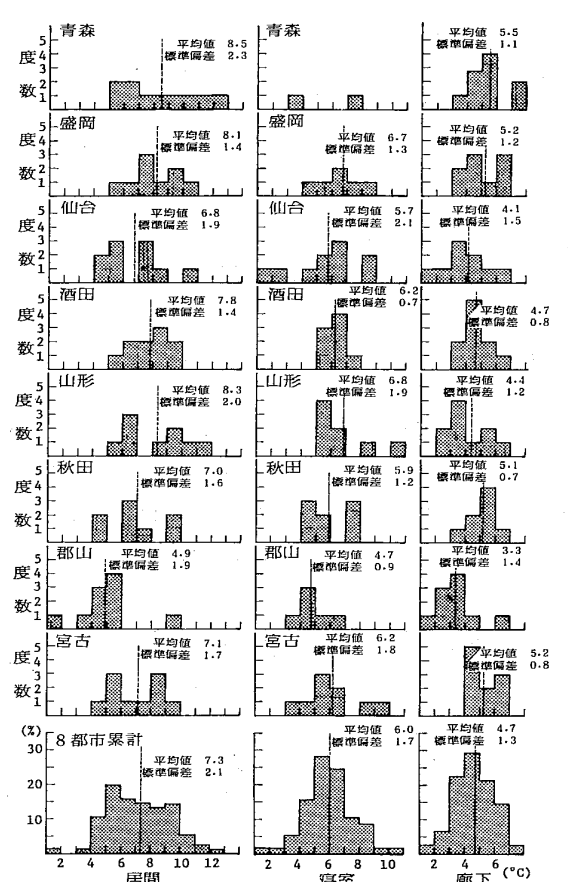


図-13 外気温が0℃の時の明け方の最低室温の度数分布

戸や、間仕切りを開放して暖房している住戸のあったことなどが原因であろうと推察される。次に寝室温度は寝室における暖房の使用状況によって大幅に異なっている。しかし、平均値は山形が10.4℃と高い他は7~9℃の範囲に入る。廊下温度は、ばらつきが最も少なく、4~8℃の範囲に集中している。全住戸の平均値は、居間の団らん時で21.9℃、日平均で14.9℃、寝室8.3℃、廊下6.4℃である。

(2) 外気温が0℃の時の明け方の最低室温

明け方の最低室温は、住戸の保温性を検討する上で大切な要素である。そこで明け方の最低室温とその時の外気温を生データより読み取り、(1)と同様に回帰直線から外気温が0℃の時の各室の最低室温を算出した。それらの値を度数分布で示すと図-13のようになる。

(1) で求めた平均値に比べて居間、寝室、廊下ともばらつきは小さくなる。8都市の平均値は、居間7.3℃、寝室6.0℃、廊下4.7℃と大変低い。図-12に示したように、居間の団らん時平均値は21.9℃であるから、居間では就寝時から明け方にかけて約15℃も温度が低下する事になる。勝田らによる千葉県袖ヶ浦のコンクリートアパートの測定例²²⁾では温度低下は8℃前後と小さいことが報告されている。

6. 居間の温熱環境に関する分析

6.1 暖房時間長さと室内外温度差との関係

調査期間中の各住戸の平均暖房時間長さと居間の室内外温度差の関係を図-14に示す。どの都市も正の相関を示し、暖房時間が長くなると居間の内外温度差も大きくなる。また、青森の4住戸は他の住戸に比べ温度が低い。そのうち○印の3住戸は昭和40年代に建てられた断熱材なしの住戸である。これらの住戸では熱的性能が

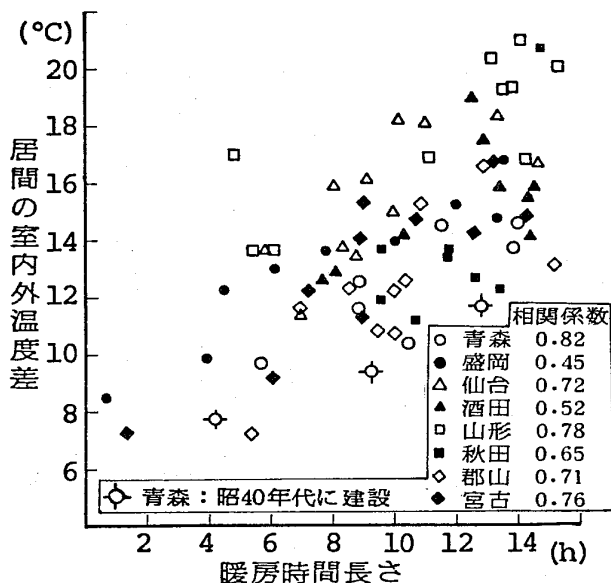


図-14 居間の室内外温度差と暖房時間長さの関係

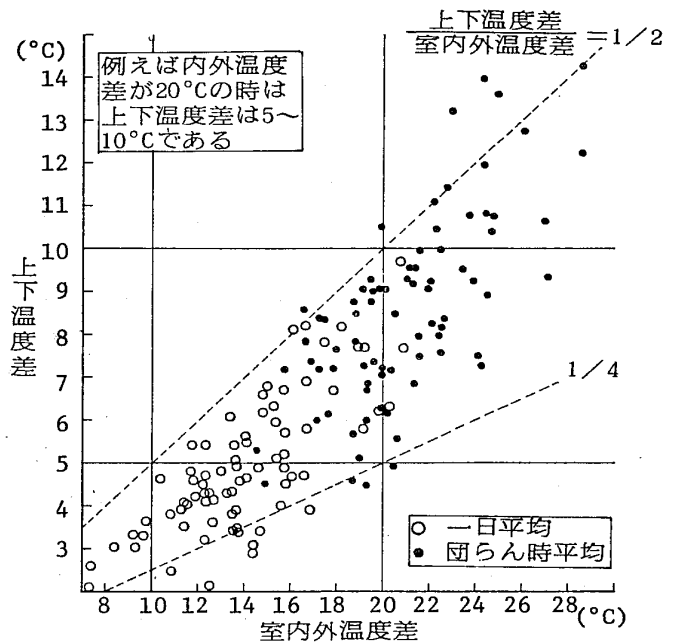


図-15 団らん時における上下温度差と室内外温度差の関係

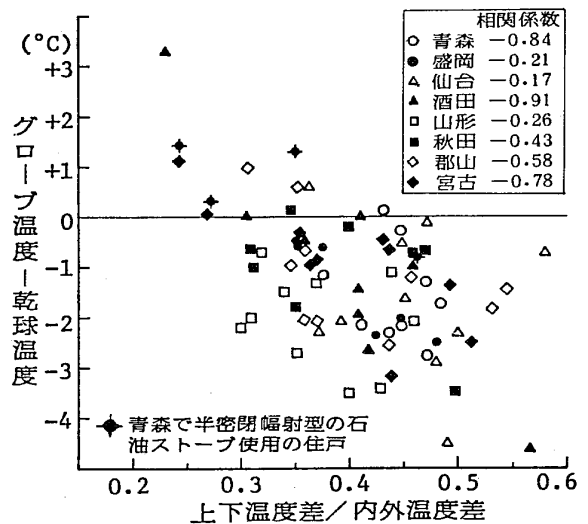


図-16 内外温度差で基準化した上下温度差と(グローブ温度-乾球温度)の関係

他住戸より劣っているものと考えられ、そのことが他の住戸に比べて暖房時間長さの割に室内温度が低くなっている原因の一つであると推察される。

6.2 上下温度分布

図-5で示したように、暖房時における床上5cmの温度は110cmの温度に比べて10℃程度低い。坐式の生活では床表面近くの温度は体感上重要であり、また上下温度分布が大きいということは快適性や暖房効率の面で問題となる。そこで床上110cmと5cmの温度差を上下温度差として、室内外温度差との関係を8都市まとめて示すと図-15のようになる。図より暖房を行っている時はどの住戸でも上下温度差が非常に大きく、また上下温度差は室内外温度差の1/4~1/2の範囲に入って

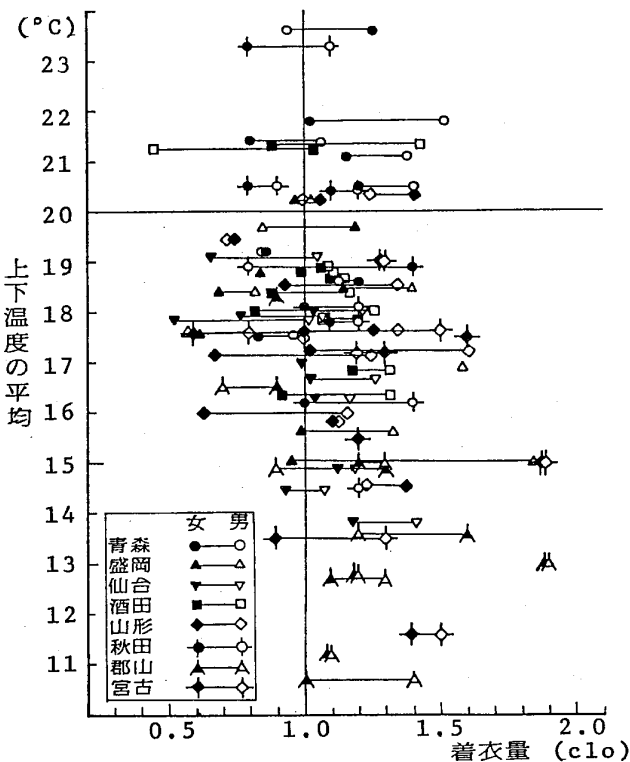
いることがわかる。

秋田の煙突付大型石油ストーブを使用している住戸では、天井下10cmの位置の温度も測定した。ここでは、団らん時の外気温が2°Cの時、床上5cmの温度は16°C、床上110cmは24°C、天井下10cmは30°Cであり、天井下10cmと床上5cmの温度差は14°Cにも達している。大きな上下温度差を形成する要因としては外気温の他に隣室の温度があげられる。間仕切りの障子や襖の気密性能は外壁面に比べてはるかに劣るから、隣室の温度が低いと、その冷気が居間に侵入して上下温度差を大きくする。事実5.4で示したように、外気温が0°Cの時の廊下、寝室の温度はそれぞれ6.3°C、8.3°Cと低い。従って隣室、廊下の温度の低いことも上下温度分布の形成に大きな役割を果たしているものと推察される。

荒谷らが行った北海道の住宅の室温調査²⁰⁾の例では、木造独立住宅で個別暖房の場合、厳寒期の上下温度差(床上180cmの点と床上10cmの点の温度差)は10°Cを超えるのが普通であると報告しており、東北の木造独立住宅でも同様の問題をかかえていることが明らかとなった。

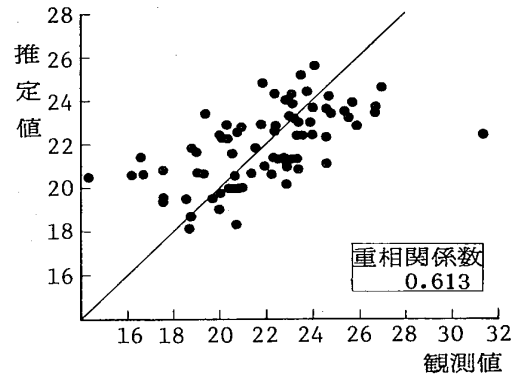
6.3 グローブ温度と上下温度差の関係

グローブ温度と乾球温度の相対的な関係と上下温度差との関連を生データよりみると、グローブ温度が乾球温度より高い住戸では、上下温度差が他の住戸に比べて小さく、逆にグローブ温度が相対的に低い住戸では上下温



図一17 団らん時の室温と着衣量の関係

度差が大きい傾向がみられる。そこで団らん時における上下温度差を室内外温度差で基準化した値(上下温度差/室内外温度差)と、グローブ温度と乾球温度の差の関



図一18 数量化理論第I類による推定値と観測値の関係

表一2 分析に用いたアイテムとカテゴリ

アイテム	カテゴリ	反応数
X ₁	日平均居間温度	~13
	13~17	18
	17~	42
X ₂	団らん時平均居間温度	~20
	20~24	44
	24~	14
X ₃	日平均廊下温度	~6
	6~8	36
	8~	12
X ₄	上下温度差	~7
	7~10	17
	※2 (°C)	43
X ₅	グローブ温度-乾球温度	~-2
	-2~0	24
	0~	40
X ₆	終日日射量	~1.0
	1.0~1.7	18
	※2 (×10 ⁸ Kcal)	28
X ₇	最高年齢	~35
	35~60	20
	(オ)	48
X ₈	最低年齢	~5
	5~15	32
	(オ)	13
X ₉	年取	~3
	3~5	17
	(百万円)	48
X ₁₀	暖房時間	~6
	6~12	8
	※2 (h)	42
X ₁₁	着衣量(主人)	~1.0
	1.0~1.2	22
	(clo)	25
X ₁₂	着衣量(主婦)	~1.0
	1.0~1.2	38
	(clo)	22
X ₁₃	居間の面積	~10
	10~14	26
	(m ²)	37
X ₁₄	住戸の面積	~80
	80~110	32
	(m ²)	35
X ₁₅	こたつの有無	無し
	有り	24
X ₁₆	暖房器具の種類	開放型
	半密閉型	40
	密閉型	8
	セントラル	25
X ₁₇	断熱材の使用状況	無し
	壁	3
	壁+床、壁+天井	16
	壁+床+天井	48

表一3 数量化理論第I類による分析結果

カテゴリ数量	レンジ	偏相関
基準変数: 団らん時平均居間温度		
平均値: 21.9		
標準偏差: 2.86		
重相関係数: 0.613		
X ₇	1.539	0.197
X ₈	1.484	0.223
X ₉	1.304	0.195
X ₁₀	0.352	0.074
X ₁₁	1.345	0.233
X ₁₂	0.241	0.044
X ₁₃	1.143	0.201
X ₁₄	0.144	0.021
X ₁₅	1.920	0.333
X ₁₆	1.656	0.160
X ₁₇	2.472	0.224

※1 日平均外気温と平均室温の回帰直線より求めた外気温が0°Cの時の室温
 ※2 測定期間中の平均値

係を示すと図-16の様になる。それぞれの値は調査期間中の平均値である。8都市とも負の相関を示し、特に青森、酒田、宮古は相関係数の絶対値が0.7以上と大きい。これらの中で、青森で半密閉輻射型ストーブを使用している3住戸は、グローブ温度が乾球温度より高く、上下温度差は小さい。ふく射型ストーブでは周壁面が温められるため上下温度分布が比較的小さくなる。一方、対流型のストーブでは空気だけが温まり周壁温度は低いので、グローブ温度が低くしかも上下温度分布が大きくなるものと推察される。従って、これらの住戸では二重の意味で温熱環境が良くないといえよう。

6.4 着衣量と室温の関係

団らん時の着衣状況の書き込み調査結果より主人と主婦の着衣量を求めると、各都市の平均値は、仙台が1.0 clo、青森、盛岡、酒田、山形、秋田が1.1 clo、郡山が1.2 clo、宮古が1.3 cloであった。郡山、宮古のclo値はやや大きく、だらん時の室温が相対的に低いことと対応している。そこで8都市計73世帯について、団らん時の上下温度の平均と着衣量との関係を求めると図-17のようになる。ばらつきが大きく温度との明瞭な関係はみられなかったが、平均温度20°C以下の範囲では両者の間にやや負の相関がみられた。また、男女の差については、全般的に男の方が着衣量が多いことが判った。

6.5 団らん時の室温に及ぼす各種因子の影響度

居間の団らん時の室温は図-12に示したように住戸によるばらつきが非常に大きい。そこで実測調査と住い方調査で得られた結果から特に温熱環境に関連の深い変数を選び、数量化理論第I類を用いてそれらの因子の室温に及ぼす影響度について分析を行った。基準変数は団らん時平均居間温度(X₂)であり、説明変数は表-2のX₇~X₁₇である。なお、居間を団らん時に使用していなかった盛岡と郡山の2住戸はデータから除き、計76戸の観測値を用いた。表-3に分析結果を示す。レンジが

大きい(すなわち基準変数に対する影響度が大きい)アイテムは、断熱材の使用状況(X₁₇)、こたつの有無(X₁₅)、暖房器具の種類(X₁₆)等である。カテゴリ-数量から判断すると暖房器具の種類が開放型の場合には室温が低下し、密閉型やセントラル方式では室温が上昇することや、こたつが有ると室温が低下し、こたつが無いと室温が上昇する傾向などが読みとれる。後者の理由はこたつが無い部屋ではストーブで部屋全体を暖めるためであると推定される。重回帰式による推定値と観測値の関係を図-18に示す。重相関係数は0.613、寄与率は0.376である。

7. 温熱環境の構成要素を基にした住戸の類別化

各住戸における温熱環境のばらつきに寄与する要因を

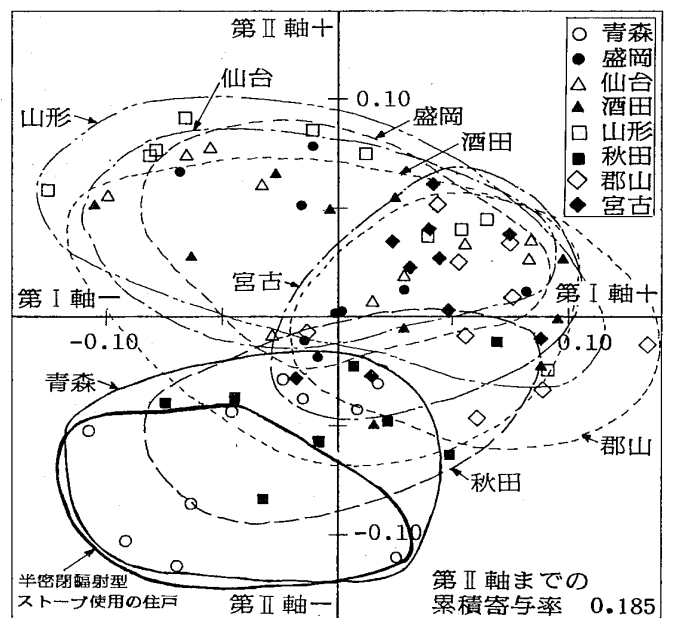


図-19 数量化理論第III類による温熱環境の分析結果

	青森	盛岡	仙台	酒田	山形	秋田	郡山	宮古	8都市全体
居間	B(4) C(6) D	A B C(6) E	B(3) C(7) E	B(4) C(6) E	C(10) D	A C(6) D	B C(9) D	A B(3) C(6) E	B C(7) D
台所	C(5) D(7) E	C(5) E	B E(5) D(3) E	C(4) D(6) E	B C(5) D(3) E	C(4) D(4) E	E(4) D(4) E	B C(5) D(5) E	C(5) D(7) E
寝室	C(5) D(4) E	B C(5) D E	C D(8) E	C D(6) E	C(2) D(5) E	C D(5) E	C(5) D(4) E	C(3) D(6) E	C(3) D(6) E
玄関下	D(3) E(6)	D(4) E(6)	D E(7)	D(5) E(4)	D(6) E(4)	C D(4) E(3)	C D(7) E	D(9) E	D(5) E(4)
居間	C(5) D(3) E	A C(4) D(3) E	E(5) D(5)	B C(4) D(3) E	A B C(5) D	B E(3) D(4)	B C(7) D	C(3) D(5) E	B C(4) D(3) E
台所	A B(4) C(4) E	A B C(3) E	B(3) C(5) E	B(5) D	A(3) B(4) C D	B C(6)	B(4) C(6)	B(5) C(9) E	A B(3) C(4) E
寝室	A B(4) D	B(3) C(6) D	B C(3) D(4) E	B(4) C D	A(3) B(3) C	B C(5) D	B C(5) D	C(5) D(3) E	B C(4) D
玄関下	B(4) C(4) E	B C(7) D	C(6) D	A B C(5) D	A B(5) C D	A B(4) C(3)	B(4) C(5)	A B C(5) D	B(3) C(4) E
居間	B(2) D	A B(5) D E	A B(7) C	A B(7) C	B(8) C	A B(4) C D	A B(6) C D	B(7) C D	A B(5) C D
台所	B(3) C D	B(6) C D(3)	B(7) D	B(6) C D	B(9) C D	A B(3) C D	A B(5) D(4)	B(5) D(3)	B(5) C D(2) E
寝室	B(6) C E	A B(6) C D	B(4) C(3) D	A B(3) C D E	B(4) C D(3)	A B(5) C	A B(5) C D	B(7) C	B(5) C D
玄関下	B(3) C D(4) E	A B(4) C D(4)	B(3) C D(4)	B(5) C(3) D E	B(4) C(3) D(3)	A B C(3) D	A B(4) C(3) D	A B C D(3) E	B(3) C D(3) E

図-20 団らん時における各室の温冷感、乾湿感、総合的満足度に関する居住者の反応

明らかにし、住戸を類別化する事を目的として数量化理論第3類による分析を行った。使用したアイテムは表—2に示す $X_1 \sim X_{17}$ である。計算結果を基に第I軸と第II軸に各住戸を位置づけると図—19の様になる。各軸のカテゴリー数量(省略)から判断すると、第I軸は日平均居間温度(居間温度が上昇すると負に寄与する)、団らん時平均居間温度(上昇すると負)、最高年齢(増加すると負)、暖房時間長さ(長くなると負)に関連し、第II軸は上下温度差(小さいと負)、グローブ温度と乾球温度の差(グローブ温度が乾球温度より高いと負)、主人の着衣量(少ないと負)に関連した軸である。また、暖房器具との関連でみると、こたつを使用している住戸は第1象限に、半密閉型ストーブ使用の住戸は第3象限に属し、密閉型ストーブ使用住戸はI軸の正の方向に寄る傾向を示す。地域毎にグループ化してみると、青森、秋田が他の地域と区別され、この2都市は他と異った温熱環境にあることがわかる。なかでも、ふく射型の半密閉型ストーブを使用している住戸は①室温が高く、②暖房器具の最大容量が大きく、③上下温度差が小さく、④グローブ温度が乾球温度より高い、傾向にあり、他の住戸と際立って異なる温熱環境を有していることが明らかとなった。

8. 暖房時の温冷感に関する居住者の反応

最後に居住者が室内の温熱環境をどのように評価しているかを明らかにする。書き込み調査では、部屋別の暖房時の温冷感、乾湿感および総合的満足度を5段階評価で調べた。その結果を都市別に示すと図—20のようになる。居間温度を「丁度良い」と答えている住戸はどの都市でも6~8割みられる。しかし台所、寝室、廊下の順にその割合は減少し、廊下の場合「やや寒い」および「低すぎて寒い位」が大部分を占めている。また、台所は他の部屋に比べて「湿っぽい」と答えた住戸が多い。総合的満足度は、居間、台所、寝室、廊下の順に下がっている。しかし、廊下の場合「低すぎて寒い位」と答えた住戸は全体の41%を占めるが、「非常に不満」と答えた住戸はわずかであり、廊下が寒いのは当然であるという意識であった。

9. 結 論

東北地方8都市の公社住宅、合計78戸を対象とした温熱環境の実態調査結果より、明らかとなった点は以下の通りである。

① 断熱材は、昭和40年代に建設された青森の3住戸を除いて少なくとも外壁には施されている。ただし、建設時期の新しい住戸でも、壁、床、天井のすべてに施されている住戸は全体の12%と少ない。

② 居間の窓の構成は、青森では2重ガラスが多い。しかし、その他の都市では単層ガラスあるいは単層ガラスと障子で2重である。また、居間の床は、畳敷や板敷

の上にじゅうたんを敷いている住戸がどの都市でも多い。

③ 使用暖房器具は、青森で能力の大きい半密閉型石油ストーブ使用の住戸が10戸のうち6戸と多いのに対して、その他の都市では、密閉型あるいは開放型の石油ストーブと電気こたつを併用している住戸が74%である。また、これらの暖房器具は、ほとんどの住戸で居間だけで使用されている。暖房形態は居間だけで暖を採る一室暖房である。

④ 暖房時間長さは住戸によるばらつきが大きい。しかし、各都市の平均値は8.6~11.9hで大きな差はみられなかった。

⑤ 居間温度の日変化は、いずれの都市の住戸においても、平均的には7~9時と19~22時にピークがみられ、夕食後の団らん時の温度は、15~25°Cの範囲に入る。暖房停止後の温度降下は急激である。廊下温度の日変化は、住戸によるばらつきが少なく、変化の幅も小さい。

⑥ 日平均居間温度は、日平均外気温の低下と共に下がる傾向がみられるが、団らん時の居間温度は外気温の影響が比較的少ない。

⑦ 居間と廊下の温度差は極端に大きく、団らん時平均で求めた外気温基準の廊下温度は、外気温基準の居間温度の2~5割にすぎない。また、団らん時の居間の上下温度差(床上110cmの温度と床上5cmの温度の差)はどの住戸でも室内外温度差の1/4~1/2と大きい。従って、例えば居間の床上110cmの温度が20°C、外気温が0°Cの時には、居間の床上5cmの温度が10~15°C、廊下温度は4~10°Cということになる。上下温度差が大きい原因は外気の侵入のみでなく、隣室、廊下の室温が低く、その場所の冷気が侵入するためと推察される。

⑧ 室温の外気温に対する回帰直線より、外気温が0°Cの時の室温を求めると、居間温度の日平均値は住戸によるばらつきはあるが、郡山、宮古ではやや低くその他の6都市では15~17°Cの範囲に入り、6都市の差は少ない。

⑨ 居間のグローブ温度と乾球温度の差と、室内外温度差で基準化した上下温度差の関係をみると、高い負の相関を示す都市がみられる。すなわち、それらの都市では、グローブ温度が乾球温度より高い住戸においては上下温度差が小さく、逆にグローブ温度が乾球温度より低い住戸では上下温度差が大きい。後者の場合は、快適性が甚だしく損われている。

⑩ 団らんの時の着衣量は0.75~1.50 clo でばらついており、男性の方がclo値は大きい。しかし、都市による差や室温との明確な相関はみられなかった。

⑪ 数量化理論第I類による分析の結果、団らん時の室温は、断熱材の使用状況、こたつの有無、暖房器具の

種類等に影響を受け、こたつが有ると室温が低下し、無いと室温が上昇する傾向がみられる。これは、こたつが無い部屋ではストーブで部屋全体を暖めるためであると考えられる。また、暖房器具の種類が開放型では室温が低下し、密閉型やセントラル方式では室温が上昇する。重相関係数は0.613、寄与率は0.376である。

⑫ 数量化理論第Ⅲ類による分析の結果、青森、秋田の住戸は他の地域と比較して異った温熱環境にあり、なかでも、ふく射型の半密閉型ストーブ使用の住戸は他と際立って異なる温熱環境を有することが明らかとなった。

謝 辞

本調査を行うに当っては、東北六県の住宅供給公社の関係各位と調査対象住戸の居住者の方々に御協力頂いた。また、clo値の算定には、芝浦工業大学南野 脩講師の資料を借用させて頂いた。また、調査の実施および分析に当っては、東北大学、石川善美助手の労をわずらわせた。関係各位に心から謝意を表する次第である。

本論文に関連する既発表論文

- 1) 吉野 博, 長谷川房雄, 赤林伸一: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その1, 青森市の木造独立住宅における冬期の温湿度について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和55年9月
- 2) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その2, 盛岡市の木造独立住宅における冬期の温湿度について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和55年9月
- 3) 石川善美, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その3, 冬期の住い方に関するアンケート調査(主として青森, 盛岡の場合), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和55年9月
- 4) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その4, 仙台市と酒田市の木造独立住宅における冬期の温湿度について, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和55年11月
- 5) 吉野 博, 長谷川房雄, 石川善美, 赤林伸一: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その5, 青森, 盛岡, 仙台, 酒田の木造独立住宅の比較, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和55年11月
- 6) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博, 石川善美: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その6, 山形市の木造独立住宅における冬期の温湿度と5都市のまとめ, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和56年2月
- 7) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その7, 6都市の木造独立住宅における冬期の室温の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和56年9月
- 8) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その8, 秋田市の木造住宅の室温について, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和56年11月
- 9) 菊田道宣, 長谷川房雄, 吉野 博, 赤林伸一: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その9, 郡山市と宮古市の

- の木造独立住宅における冬季の温湿度について, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和57年2月
- 10) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その10, 8都市の木造独立住宅における調査のまとめ, 日本建築学会東北支部研究報告集, 昭和57年2月
 - 11) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その11, 多変量解析法を用いた8都市の調査結果の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和57年10月
 - 12) 長谷川房雄, 吉野 博, 石川善美, 赤林伸一: 東北地方の木造独立住宅における冬期の温熱環境調査, 空気調和・衛生工学会学術論文集, 昭和55年10月
 - 13) 赤林伸一, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方の木造独立住宅における冬期の温熱環境調査 その2, 空気調和・衛生工学会学術論文集, 昭和56年10月
 - 14) 長谷川房雄, 吉野 博, 石川善美, 赤林伸一: 住宅の室温と着衣量に関する実態調査(東北地方の戸建住宅の場合), 第4回人間-熱環境系シンポジウム報告集, 昭和55年12月
 - 15) 長谷川房雄, 吉野 博, 赤林伸一: 東北地方の戸建住宅における就寝時の温度調査(冬期について), 日本生気象学会誌 17(3), 1980
 - 16) 長谷川房雄, 吉野 博, 赤林伸一: 東北地方8都市の戸建住宅における冬期の室温調査結果, 日本生気象学会誌 18(3), 1981

参考文献

- 17) 東北電力株式会社: 「東北地方における電気事業についての市場調査」昭和52年度
- 18) 江口和雄, ほか: 「公営住宅の室内気候実態調査, その1, 2」日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和46年11月, 昭和47年10月
- 19) 花岡利昌, ほか: 「日本民家の微気候学的研究, 第1報~第11報」家政学研究, 昭和43~47年
- 20) 荒谷 登, ほか: 「居室の温熱環境の実態, その1, 2」日本建築学会論文報告集, 第264号, 第265号, 昭和53年2月, 昭和53年3月
- 21) 荒谷 登: 「寒地住宅の熱環境性能の目標」日本建築学会建築環境工学論文集, 昭和56年4月
- 22) 勝田高司, ほか: 「結露防止工法に関する研究」日本住宅公団建築部調査研究課, 昭和44年12月
- 23) Margaret I. Gidman: National survey of house temperature, BRE News 55, winter 1981
- 24) 空調設備基準委員会温冷感小委員会: 「活動報告: 温冷感に関する調査方法(昭和51年版)」空気調和衛生工学 Vol. 53, No 8, 昭和54年8月

SYNOPSIS

UDC : 628.86 : 697.11 (521.1 T)

INVESTIGATION ON INDOOR THERMAL ENVIRONMENT OF DETACHED WOODEN HOUSES IN CITY AREAS OF TOHOKU DISTRICT IN WINTER

by Dr. FUSAO HASEGAWA, prof. of Tohoku University, Dr.

HIROSHI YOSHINO, associate prof. of Tohoku University, and

SHIN-ICHI AKABAYASHI, research student of Industrial
Science, University of Tokyo,

Members of A. I. J.

The indoor thermal environments of 78 residential wooden houses in 8 cities of Tohoku district were investigated in winter seasons of fiscal years of 1979 and 1980. Eight cities are Aomori, Morioka, Sendai, Sakata, Yamagata, Akita, Kohriyama and Miyako. The results of the investigation are as follows.

- (1) In Aomori, the semi-vented oil heater with large capacity is used in 60 % of the houses, while both unvented or vented oil heater and electric heater (Kotatsu) are used in 74 % of the houses in the other cities.
- (2) Living rooms are heated about from 7 to 9 a. m. and from 7 to 10 p. m. in almost all of the houses. The air temperature at the point of 110 cm high above the floor level in the living room is 18 to 25 °C during the heating time after supper. But the other rooms are un-heated almost all day long. The mean air temperature of the living room during the heating time after supper is 22.8 °C when the daily mean outdoor temperature is 0 °C. At that time, the mean temperature of the bed room and the corridor are 8.6 °C and 6.2 °C, respectively.
- (3) The air temperature difference between the points of 110 cm high and 5 cm high above the floor level in the living room is great during the heating time after supper. For example, the temperature difference is 7 to 10 °C when the outdoor temperature is nearly 0 °C.
- (4) The clo-values of the husbands and wives are distributed from 0.75 to 1.50 during the heating time after supper. The difference of the clo-values among 8 cities and the inversely proportional relation between the clo-value and the room temperature could be found in the range of room temperature below 20 °C.
- (5) The analysis by means of the quantification theory III shows that the indoor thermal environments of houses in Aomori and Akita are different from those of the other houses, and especially the houses settled with the semi-vented oil heater have the well tempered environment.