

岩手県における住宅の性能向上と省エネルギーに関する研究

その1 冬季の住宅室内環境

佐々木 隆 菅原 正子 魚住 恵

Research on the Improvement of Performance and Energy Conservation
of Housing in Iwate Prefecture

Part 1 Indoor environment of general housing in winter season

Takashi SASAKI, Masako SUGAWARA and Megumi UOZUMI

This research intends to lead toward the realization of the energy conservation aiming at the energy security for the next generation. By conducting a survey, by measuring the temperature, the humidity and CO₂ concentration of the houses we chose as samples, this research shows the indoor environment in IWATE Prefecture. Consequently, we are found in this area's residence that the temperature differences between heating room and un-heating room are too large, furthermore the large differences between the closed to ceiling and floor in the heating room by reason of partial and intermittent heating culture.

1. はじめに

岩手県は日本全体から見ると寒冷地であり、冬季の最低外気温度は本州で一番低いとさえいわれている^{*1}。一方で民家の故郷とも謂われ、われわれが思い描く茅葺き屋根の家並みの現存している地域でもある。民家の生活に基本がある岩手県民の生活は、しかし、夏型住宅の生活を冬季にまで持ち込んでいると考えざるを得ない節がある。関東以西であれば、冬はある程度の我慢ができればやり過ごしてしまえる気候であるが、東北から以北の地域では、やはり無理があるといわざるを得ない。

東北地方の脳卒中の発現率が日本一^{*2}である背景には、住居が第一に影響していることはもちろんであるが、それに伴う影響力としての食事内容や衣服の状況などは従来別扱いされてきた。

本研究は一般的な住宅の性能の向上を図り、次世代のためのエネルギー保全を目的とした省エネルギーを如何に実現できるかという課題を研究の目的とするが、従来の研究で欠落していた生活に伴う食と衣の要因を取り入れた総合的な環境評価をすべきと考え、温度環境だけでなく、食事内容・衣服・室内環境との関係を明らかにしようとするもので、本報では住環境実態について述べる。

2. 東北地方の従来の居住調査

これまで、東北地方の住宅の環境調査は多方面で実施されている^{*3}。しかし、岩手県内の調査件数は沢内村の例を除けば僅かであり、具体的な実態が完全に把握されているわけではない。また、花岡^{*4}による民家の室内環境調査は古い伝統的な民家に限定されており、現在の実態を明らかにするものではない。

3. 郵送によるアンケート調査（冬季）

基礎データの収集のために衣食住に関する総合的な調査を電話帳による無作為抽出によりアンケート調査を実施した。調査は夏季・冬季に分けて行ったが、本報告では冬季の結果についてまとめる。アンケート調査の目的は具体的な環境調査への事前の状況把握であるが、基本的な質問事項は表1に示すような住・衣・食に関わる分野別なカテゴリとし、それぞれ詳しく把握できるものとした。郵送地域は岩手県内の気候的に特徴のあると思われる地域、①久慈・山形地区（沿岸北部）②盛岡地区（都市部）、③沢内地区（多雪地域）、④一関・平泉（内陸南部）、⑤陸前高田（沿岸南部）⑥安代地区（内陸北部最寒地）の全6地域を対象とした。

3-1 住に関するアンケート結果

住に関するアンケート内容は、現在住んでいる住宅の基本的な構成、すなわち家族、年齢、居住年数、住宅の築年数、住宅の暖房・換気、暖房費などが明瞭に分る内容としている。以下にアンケート結果のうちの住生活に関する結果を示す。

3-1-1 アンケート回収率

アンケートの回収率は表1に示すとおりで、48.3%の回答が得られた。

表1 郵送アンケート結果

	配付数	有効回答数	回収率(%)
久慈市	97	37	39.2
安代町	100	54	54.0
盛岡市	113	48	32.7
沢内村	95	55	42.1
一関市	100	48	48.0
陸前高田市	98	48	49.0
計	603	290	48.3

3-1-2 アンケート解答者の属性

図1はアンケート依頼をした岩手県民の年齢分布である。50代以上の年齢分布の割合が多く高齢社会化が目立つ結果となっている。図2は同じく職業分布であるが、農業従事者が多いが盛岡などの都市部では会社員の割合が多い。図3は住居の築年数を示すものであるが、都市部では新築住宅の比率が多く陸前高田のような古い町並み保存を行っているような都市では築年数が100年を超える住宅が多くなっている。

図4は住居の構造を示したもので、木造住宅が圧倒的に多い。図5は暖房に対する意識について聞いたものであるが、「夜間は停止する」「使う時だけ暖める」という

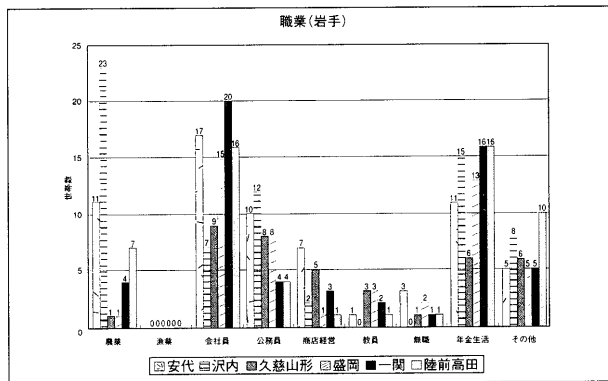


図2 職業

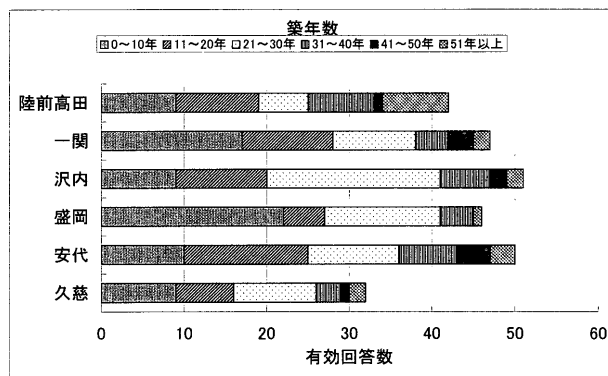


図3 築年数

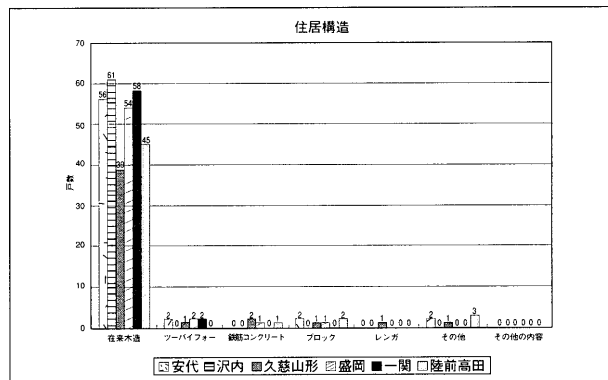


図4 住宅の構造

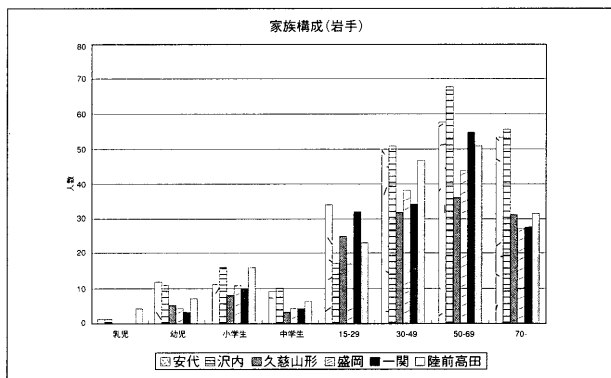


図1 年齢分布

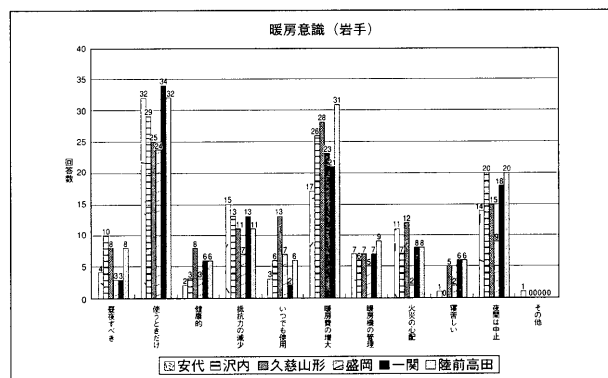


図5 暖房に対する意識

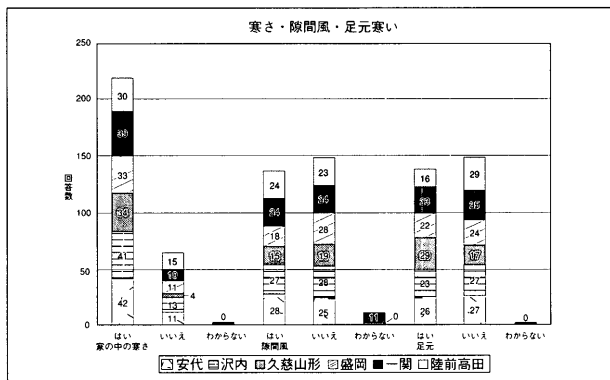


図6 住居内の寒さの有無

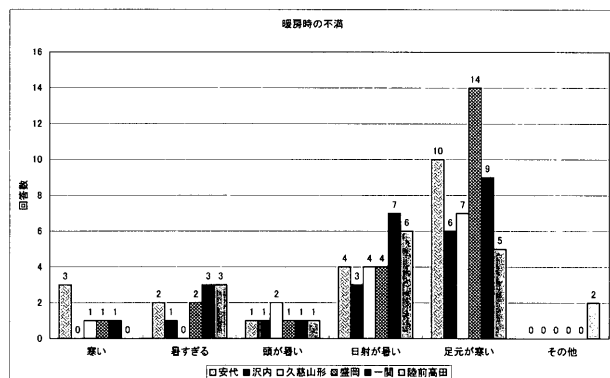


図7 暖房時の不満

回答が多く、いわゆる部分間欠暖房を代表とする採暖文化の深さを窺わせる。また、全室温度を維持する暖房に対しては「燃料費の増大が心配」という回答が多く、建物の性能と暖房の関係が十分に理解されていない傾向が窺われた。住居内の寒さの有無については図6に示すように、「寒さがある」が各地域とも多いが、「隙間風」と「足元の寒さ」は回答は半々に分かれた。これは炬燵を使う採暖の場合には足や手を直接加熱しているために、それらの要因を感じにくいと考えられる。しかし、図7の暖房に対する不満の項目では「足元が寒い」という回答が圧倒的に多いが、地域で見ると都市化が進んでいる盛岡、安代、一関で特に多い傾向にある。陸前高田や沢内といった建物や生活習慣が古い地域では、上手に採暖を行っているのに対し、都市部では建物自体は新しいが、室内空間全体の温度を維持する「暖房」に対する理解の不十分さに起因すると考えられる。つまり、非暖房空間を室内に抱え込んでいるために隣室からの隙間風などによる足元の温度低下をもたらし、さらに西洋式生活様式(椅子式生活)が大きく影響しているものと推測できる。

以上、郵送によるアンケート調査からは冬季の室内環境の概略が把握できた。

4. 冬季の室内環境測定

アンケート調査の結果を踏まえて、特徴的な住宅の具体的な室内環境測定を実施した。期間は1998年12月～1999年2月で、それぞれ各地域3軒ずつ1週間実施した。各地域における住宅選定に際しては、①8年以内の新築住宅、②20～30年程度の住宅③50年以上経過した住宅、を基本的方針とした。

これは住宅の形式・種類により生活自体が大きく変化すると予測したためである。各地域の測定住宅の概要を表2に示す。

この中で、盛岡住宅⑦のみが温水による全室暖房住宅である。他はストーブ(煙突付き、開放型)、炬燵(電気、木炭、練炭)による採暖住宅で、採暖の内容については特に区別をしていない。

物理的測定としては、温度、湿度、炭酸ガス濃度を基本とし、室内の分布を重点的に測定した。具体的には居間の天井付近温度、居間中央高さのグローブ温度、居間床付近温度、トイレ温度、浴室温度、寝室温度、廊下温度、玄関温度、外気温度、台所温度を主要測定ポイントし、適宜住宅にあわせた選択とした。なお、測定期間は⑦のみ3週間で、他はすべて1週間である。

表2 測定住宅の概要

地域	番号	建築面積	築年数	暖房形式
久慈・山形	住宅①	244.2	6	採暖
同上	住宅②	99.0	34	採暖
同上	住宅③	465.3	60	採暖
安代	住宅④	118.8	5	採暖
同上	住宅⑤	475.2	11	採暖
同上	住宅⑥	343.2	40	採暖
盛岡	住宅⑦	178.2	10	全室暖房
同上	住宅⑧	190.0	27	採暖
同上	住宅⑨	270.6	130	採暖
沢内	住宅⑩	260.0	0	採暖
同上	住宅⑪	270.6	8	採暖
同上	住宅⑫	495.0	20	採暖
一関	住宅⑬	125.0	7	採暖
同上	住宅⑭	158.4	18	採暖
同上	住宅⑮	99.0	30	採暖
陸前高田	住宅⑯	134.5	150	採暖
同上	住宅⑰	158.0	200	採暖
同上	住宅⑱	264.0	300	採暖

5. 冬季の室内環境測定結果

5-1 居間の温度環境

先にも述べたように、調査を行った住宅は99%が採暖によるものである。図8～11は各地域での住宅の測定結果の特徴的なものを示した。図8は新築直後の住宅⑩の

居間の上下温度分布を示したものである。FFストーブを使用しているが、足元温度が12.3℃であり、上下温度差が目立つ結果となった。

図9は築後5年の住宅④の同様な結果である。これもFFストーブを使用しているが天井付近温度が30℃にまで達しているが、足元温度は運転時には16~17℃であり、上下温度差が目立つ。幼児がいるために、足元温度を上昇させようとした結果、天井付近温度が高くなっているものと思われる。

図10は築後150年以上を経過した住宅⑩であるが、室温自体が非常に低く保たれている。これは建物自体が古く加温の効果が薄いこともあるが、炬燵を使用し、厚着をするという、いわば採暖を住宅の状況に合わせて上手く使いこなしている例でもある。また、外気温度が高めの地域であるために、室温設定に無関心ともいえる。

それに対して、図11は暖房を行っている住宅⑦の測定結果である。上下温度差は殆ど無く、2.3℃以内に納まっている。

居間の上下温度差は室内環境の質に大きく影響する。たとえ新築住宅でも、上下温度差が大きいと寒さを感じ、ストーブの目盛りを大きくし、寒さを感じなくすると結果として天井付近の温度が高くなる。測定を行った住宅のほとんどにこの傾向が見られた。

図12~16は内外温度差（居間中央高さに設置したグローブ温度と外気温度の同時刻の差）と上下温度差の相関を示したものである。それぞれ生活の特徴が示されているが、図12は図8の新築住宅⑩の結果である。夜間は熱源を停止するといういわゆる間欠運転の状況が明らかとなっている。運転時には上下温度差が10~15℃近辺であり、夜間には差が小さくなる様子が分る。

図13は住宅④の結果である。これも同様な傾向であるが、住宅の規模が小さく放熱器具使用時間が長めのため、相関が明確に現れている。

図14は築後150年の住宅⑩の結果であるが、これは先にも述べたように、室内での熱発生が極めて少ないために、当然のことながら上下温度差は小さい。生活の状況が明らかに分る例である。

図15は唯一の暖房住宅⑦の結果である。図11でも明らかとなったように、上下温度差はきわめて小さいことが分る。暖房の意味は、住居内の寒さを取り除くことにあるので、室内環境的には理想的な状況である。

上下温度差が出来る理由の一つに住宅内に温度の低い空間が、しかるべき措置を講じないままに存在することが挙げられる。新築住宅では外壁断熱などは現在の基準に基づいて施工されるので少なくとも室内側の壁面温度が低下することはありえない。したがってその原因とな

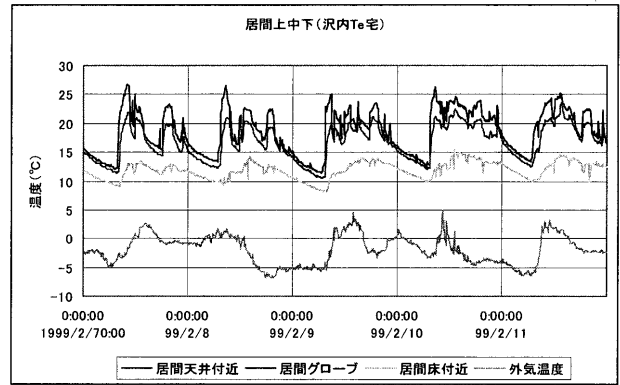


図8 居間上中下温度 (住宅⑩)

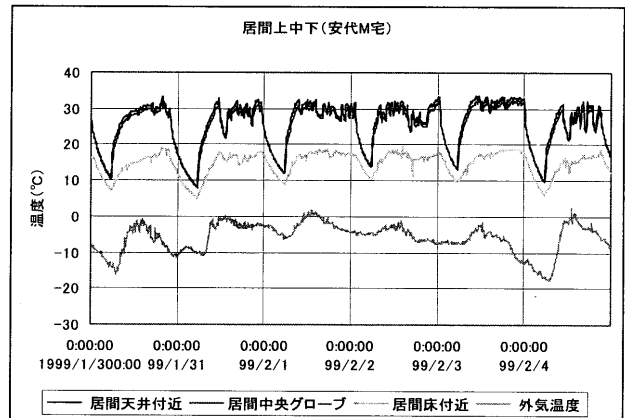


図9 居間上中下温度 (住宅④)

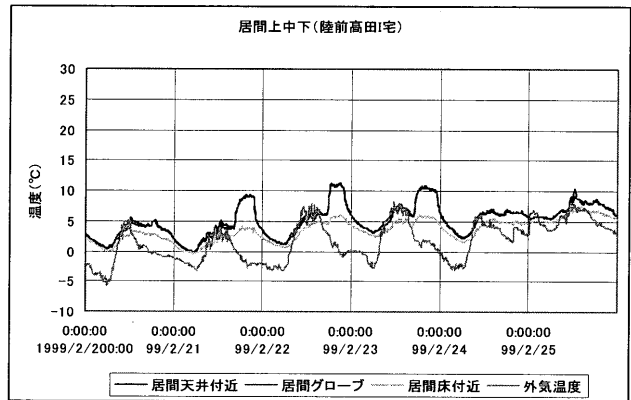


図10 居間上中下温度 (住宅⑩)

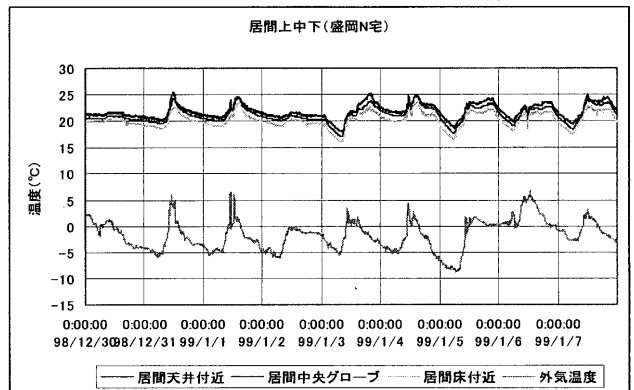


図11 居間上中下温度 (住宅⑦)

るものは温度の低い空間からの冷気流であり、それはたえず居間などの熱源のある場所へと流れてくるので、足元の環境を常に脅かすことになる。

このように、内外温度差と上下温度差の関係から住宅の基本的な温熱環境性能が明らかとなった。

5-2 居間以外の空間の温度環境

居間以外の空間で重要な空間は寝室、トイレ、浴室である。図16～19は居間以外の空間の温度状況を示したものである。上下温度差の成因の説明とも重複するが、居間周辺の空間の温度も採暖住宅では極めて共通性が高い。

図16は新築住宅⑩の寝室、トイレ、浴室、外気温度の変化を示したものである。就寝時、起床時には温度上昇が認められるが、最低温度は10℃以下まで低下している。浴室温度は使用時に高いが、使用直前の温度は6～7℃と低い。トイレは一日を通じて10℃以下と低い。

図17は築後5年の住宅④の同じ測定場所の温度変化である。傾向は上と似ているが、寝室温度は開放型ストーブで設定温度が自動制御されている様子が窺える。その反面、間欠運転のため、起床時まで約10℃までの低下が認められる。浴室は使用時に温度上昇があるが、使用直前は0℃以下までも低い温度の時もある。トイレは凍結防止熱源のためか、外気温度に対し、さほど低くないが、10℃以下という状況である。

図18は築後150年の住宅⑯の測定結果である。居間部分の温度状況を前述したが、寝室、トイレともほとんど外気温度に近い。古い住宅ではこのように、完全な採暖の生活が多く、開放型ストーブで空気温度を若干上昇させているものがほとんどである。なお、この住宅では浴室は別棟にありここでは温度測定はしていない。

図19は暖房を行っている住宅⑦の測定結果である。これも居間の測定結果のところ述べてきたが、温度変化は浴室使用時に上昇が見られるものの、寝室、トイレともに温度差は僅少である。日射や生活に伴う室内発熱による温度変動のみが認められるが、温度差は各空間の間ではほとんどない。これは暖房を行っている住宅の最大の特徴である。したがって、生活様式もそれに伴い、隙間風を防ぐための仕切り扉は必ずしも必要としなくなり、本住宅でも浴室とトイレなどを除けば、かなり開放的な生活が認められた。

以上のように、採暖住宅と暖房住宅の差異が明らかになったものと考えられる。差は生活様式の変化にまで及び、特に採暖生活の根強い地方では新築住宅も同じ様式で建設し、居間以外の空間には熱源を設けないといった「使うところで使う時間のみ」の採暖生活がまさしく実行されている。暖房の歴史が北から始まるのは当然の事

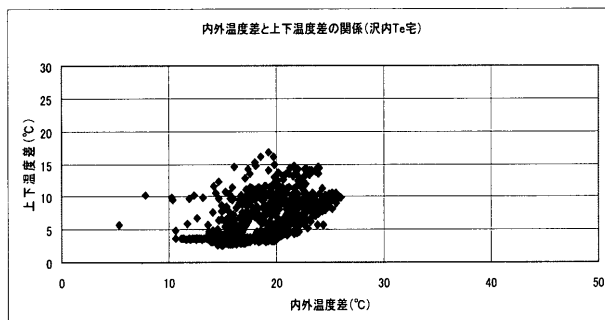


図12 内外温度差と上下温度差 (住宅⑩)

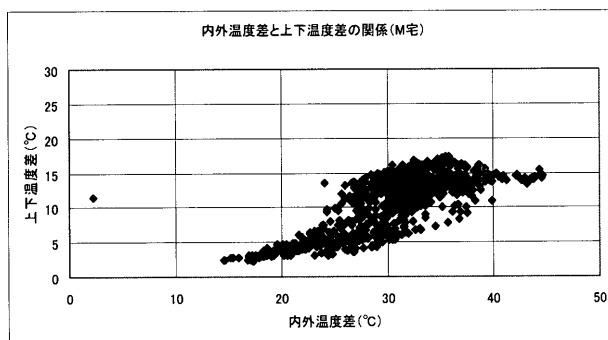


図13 内外温度差と上下温度差 (住宅④)

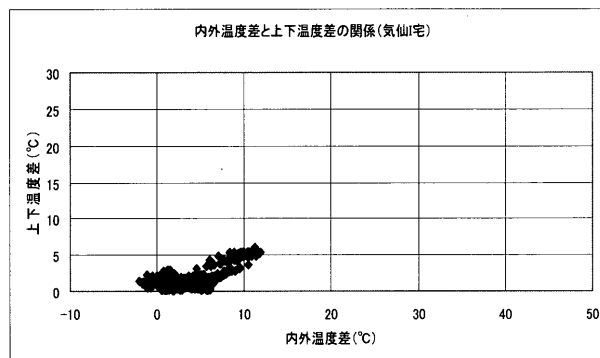


図14 内外温度差と上下温度差 (住宅⑯)

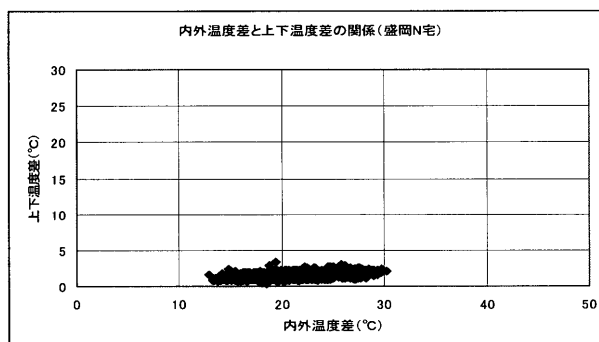


図15 内外温度差と上下温度差 (住宅⑦)

実であるが、東北地方は南からの文明移入が多く、暖房についても地域の特性の認識が薄いところから普及が遅れているものと思われる。また、建物自体に暖房できる条件の一つである断熱性能も、省エネルギーと快適性を両立させるものなので、さらなる考慮が必要である。

5-3 居間部分の炭酸ガス濃度変化

温度変化については、上に述べたように採暖住宅での居間の上下温度差、居間以外の周辺空間での低い温度環境の問題が指摘できたが、もう一つの問題である室内空気がある。

室内空気環境については、特に近年、新築住宅ではVOC問題などの指摘が多く、改善の検討がなされている分野である。本報告では特に居間部分での炭酸ガス濃度の測定を行い、実態を調査した。炭酸ガス濃度（以下CO₂）は現在では手軽に出来る室内空気質測定の一つで、他の空気汚染物質の発生状況や換気量が予測できることから基本的な測定項目に挙げられる。

図20は新築住宅⑩のCO₂濃度である。居間の主熱源がFFストーブであるため、濃度は1000ppm前後で空気質自体には問題は少ない。居間と厨房が一体になっているために、ときおり調理時の濃度が高まる程度であるが、換気扇の使用で直ちに濃度が低下する様子が分る。また、この住宅の隙間相当面積は7cm²/m²であり、隙間換気のために濃度が低めなことも指摘できる。

図21は築後150年の住宅のもので、当然ながら隙間はきわめて多い建物であるが、ときおり開放型ストーブを使用する時に濃度が高まる様子が分る。濃度は2800~2900ppmまで上昇しているが、温度はさほど上昇しないことは前に述べたとおりである。また、濃度は一旦上昇するとなかなか低下しない。

図22は築後130年の住宅のものであるが、きわめて濃度が高いことが分る。開放型ストーブを日中連続使用しているためである。夜間は停止するが、濃度は最大で5000ppmを超えている（測定器の限界が5000ppmなのでそれ以上は測定不能）。建築基準法の目安が1000ppmなので、それをはるかに超える高濃度は他の汚染物質の発生も伴うので、今後の考慮・対策が必要である。

図23は暖房住宅⑦の測定結果である。濃度は低く平均で1000ppm以下に保たれている。調理器具が電気式的理由もあるが、本測定例の中では環境的に理想的な状況である。

以上のように、室内のCO₂濃度は開放型ストーブを使用している住宅ほど濃度が高く、新築住宅が高気密を謳うならば開放型ストーブの使用禁止を徹底指導すべきである。FF式や煙突付きストーブは濃度の問題は認め

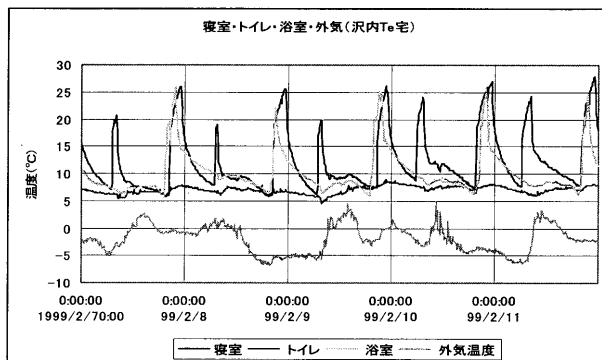


図16 寝室・トイレ・浴室温度（住宅⑩）

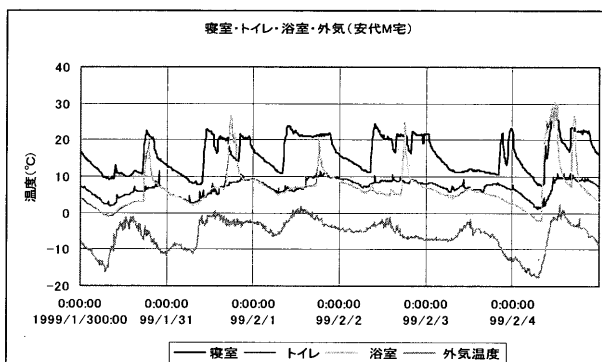


図17 寝室・トイレ・浴室温度（住宅④）

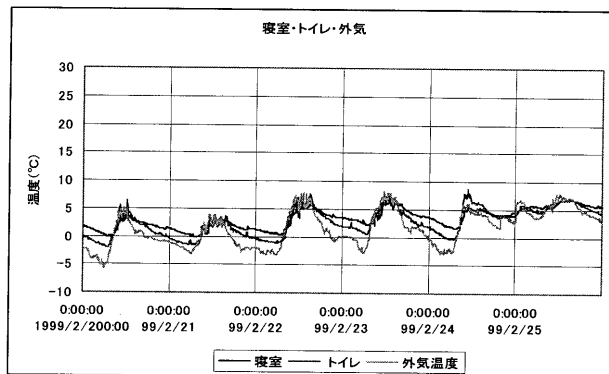


図18 寝室・トイレ温度（住宅⑩）

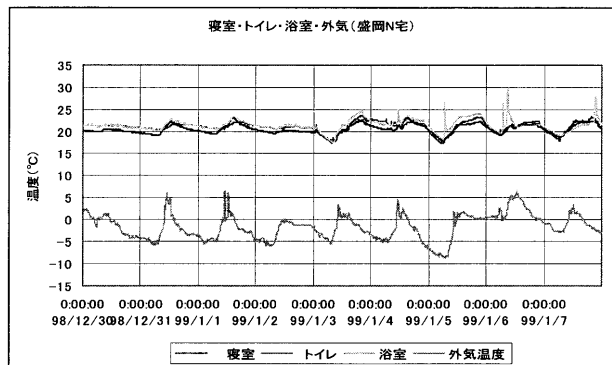


図19 寝室・トイレ・浴室温度（住宅⑦）

られなかった。

5-4 居間部分の相対湿度

室内の相対湿度は、その空間の乾燥状態や換気状態を示すものである。一般に相対湿度の高さは気密性能との相関があり、気密性の高い住宅ほど相対湿度も高くなる傾向にある。これは冬季の場合、外気が含んでいる水分量が少ないことにより、気密性が低く換気量の多い建物は外気が室内に流入した後、加熱されて低相対湿度になるが、気密性が高く換気量も少ない状況であれば相対湿度は高いまま維持される。

図24~26は今回測定した相対湿度測定結果中の特徴的なものを示した。図24は新築住宅のもので、居間厨房が一体型平面で調理時などの湿度上昇、換気(窓開放も含む)による湿度低下が目立つ。近年の新築住宅の場合、内装のビニールクロス張りは湿気の吸収割合が小さく、湿度変動が小刻みに現れることが分る。

図25は築後150年の住宅の測定結果で、湿度は高く保たれ気密性も高いように錯覚するが、本住宅は室温が外気温度とほとんど変わらず、湿度は外気のそれとほぼ同様であることに注意されたい。

図26は暖房住宅の測定結果である。全般的に変動は少ない。本住宅は石膏ボードの上にビニールクロスを使用していないので、吸放湿能力が高く、湿度変動が小さくなっているものと考えられる。

5-5 相対湿度とCO₂濃度の関係

図27~30は相対湿度とCO₂濃度の相関を取ったものである。図27は新築住宅のそれであるが、明確な相関は認められない。FFストーブを使用していることと、新築住宅の場合、木材やコンクリートなどの建築材料からの放湿の影響があるためと思われる。

築後7年の住宅になるとそうした影響はほとんどなくなる。図28はその結果で、開放型ストーブおよび生活に伴う湿気とCO₂ガスの発生に相関が認められる。

しかし、湿度の変化に比べCO₂濃度の変動幅が大きい。この傾向は築後140年の住宅で同様で、図29に示すようにさらに明白になっている。湿度はさほど変化せずともCO₂濃度は極端な変動がある。

図30は暖房住宅の相対湿度とCO₂濃度の関係である。本住宅のようにCO₂の発生源がせいぜい居住者に限定される場合には相関は認められなくなる。

以上のように、相対湿度とCO₂濃度の関係は開放型ストーブ使用の住宅ほど相関が高く、改善を必要とする。

6. 今後の省エネルギー住宅へ向けて(まとめ)

ここで、本論文で得られた知見をまとめる。

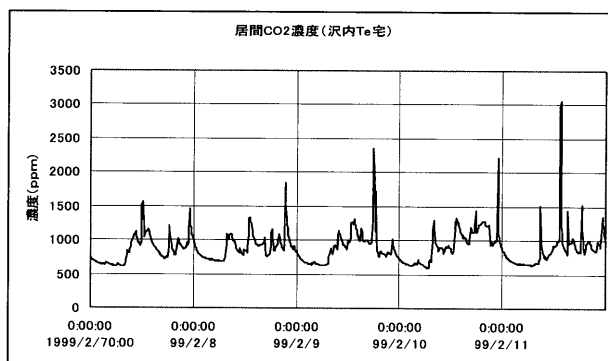


図20 居間 CO₂ 濃度 (住宅⑩)

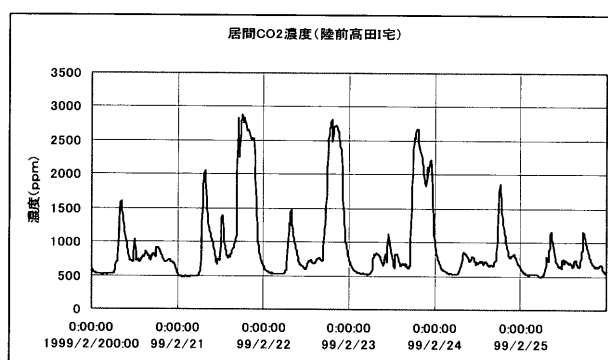


図21 居間 CO₂ 濃度 (住宅⑬)

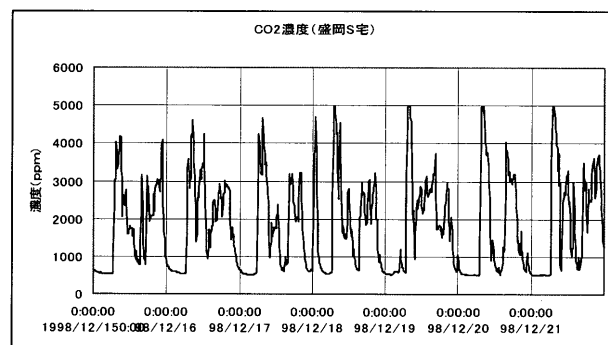


図22 居間 CO₂ 濃度 (住宅⑨)

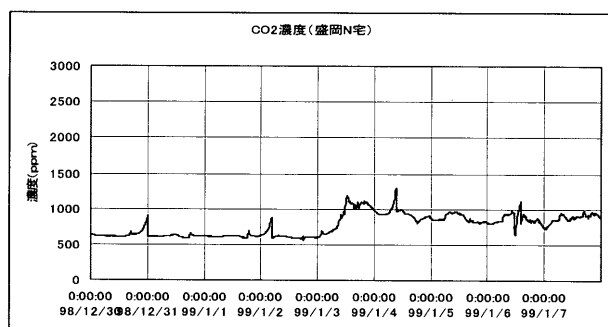


図23 居間 CO₂ 濃度 (住宅⑦)

- ・岩手県内6地域で郵送による衣食住のアンケート調査を行い、回答率48.3%となった。
 - ・住に関するアンケートから、暖房意識では「使う時のみ部屋を暖める」採暖指向であることが確認できた。連続暖房については費用がかさむという心配がある。
 - ・暖房住宅はアンケート全体で約0.06%であった。他は冬季間非暖房室があり、基本的にストーブ、炬燵による採暖を行っている住宅である。
 - ・住居内の寒さについては、寒さの存在はあるものの、都市部と郡部を比べると都市部の方が特に「足元の寒さ」の不満が多かった。これは郡部の住宅での炬燵などの採暖が上手く行っているのに対し、現代住宅の多い都市部では椅子・机の洋風生活が多く、採暖が不十分な形であることに不満の原因があると推測された。
 - ・アンケート結果から選んだ各地域3軒ずつ合計住宅18軒で具体的な衣食住の環境実測を行った。
 - ・居間の住環境は暖房住宅を除くと上下温度差が特に顕著である。上下温度差は外壁の断熱が不足したり、隙間風の侵入などの原因で生ずるが、本測定結果では、居間周辺の空間の温度が低いために、間仕切り扉などの隙間からの隙間風が主な原因と考えられる。
 - ・トイレ、浴室では熱源が無いために、温度は低く、冬季間で10℃以下のところがほとんどである。
 - ・寝室は開放型ストーブを就寝時に使用するが、就寝中はスイッチを切るため、明け方には0℃近くまで低下する住宅も見られた。
 - ・唯一の暖房住宅では採暖住宅に比べ、上下温度差はほとんど見られず、せいぜい3℃以内に納まっている。その結果、生活様式が開放的なものになっている様子が窺えた。
 - ・炭酸ガス濃度の測定結果では、FFストーブや煙突付きストーブを使用している住宅ではCO₂そのものの発生源が調理のガス器具や人体をはじめとする動植物になるため、低めな状況である。
 - ・開放型ストーブを使用している住宅では、CO₂濃度は高く、測定器の限界を超えて5000ppm以上の状況を示すものもある。
 - ・湿度はその住宅の気密性や換気量と関係があるが、室内の内装材の状況によっても変動に影響を与える。
 - ・湿度とCO₂濃度の間には、発生源により関係がある。開放型ストーブを使った場合には燃焼により、湿気とCO₂ガスが同時に発生し、相関が認められるが、CO₂濃度の方が湿気と比べ変化が大きいことが分った。
- 以上、住関連のアンケート結果と測定結果をまとめた。最初にも書いたように、脳卒中の割合が一番高い東北地方の住宅を調査することで、その原因の一端が窺えたよ

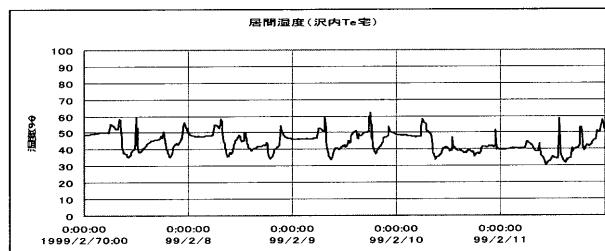


図24 居間湿度 (住宅⑩)

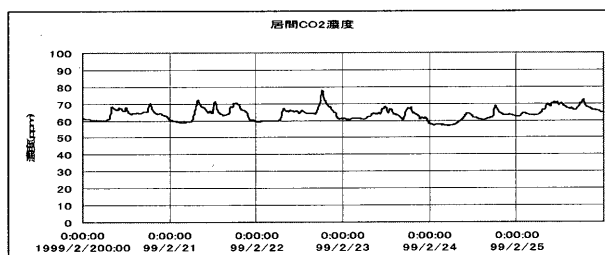


図25 居間湿度 (住宅⑬)

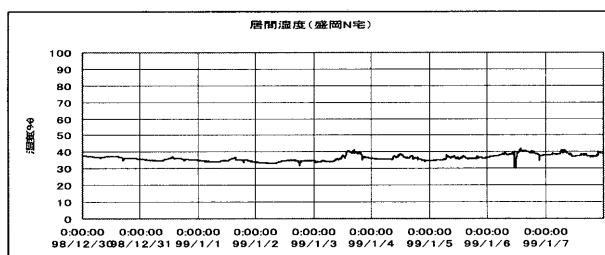


図26 居間湿度 (住宅⑦)

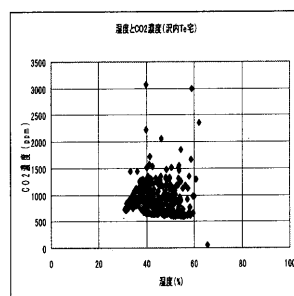


図27 相対湿度とCO₂濃度 (住宅⑩)

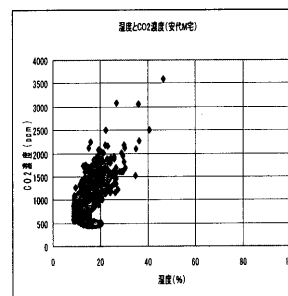


図28 相対湿度とCO₂濃度 (住宅④)

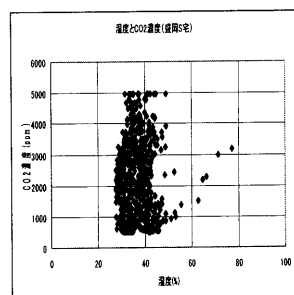


図29 相対湿度とCO₂濃度 (住宅⑨)

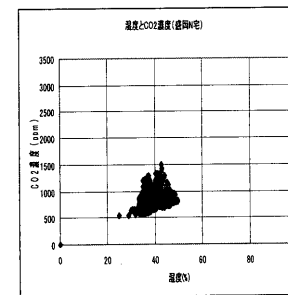


図30 相対湿度とCO₂濃度 (住宅⑦)

うに思われる。特に室内の空間の温度にあまりに差が大きく、熱ショックは当然起き易いものと想像される。これはしかし、食事内容や衣服の状況とも関係があり、より良い室内環境を創造するために、今後さらに検討したい。また、省エネルギーを実現すると室内環境の質も向上する事実を明らかにしていきたいと考える。

アンケート及び実測にご協力頂いた方々には深く感謝いたします。なお、本研究には岩手県学術研究振興財団の研究補助がありました。

参考文献

- 1) 和達清夫：日本の気候，東京堂，1958
- 2) 長谷川房雄ほか：脳卒中の発症と住環境の関連についての山形県郡部を対象とした調査研究，日本公衆衛生雑誌，第32巻，1985
- 3) 長谷川房雄，吉野博：東北地方の各種住宅における冬季の室温に関する調査研究，日本建築学会計画系論文報告集第371号，昭和62年1月
- 4) 花岡利昌：伝統民家の生態学，海青社1991
- 5) 木村建一（編）：民家の自然エネルギー技術，彰国社，1999
- 6) 佐々木 隆：岩手県の衣食住に関する研究，その1，日本建築学会大会梗概集，D-1，1999年9月
- 7) 菅原正子ほか：岩手県の衣食住に関する研究その2，日本建築学会大会梗概集，D-1，1999年9月
- 8) 魚住 恵ほか：岩手県の衣食住に関する研究その3，日本建築学会大会梗概集，D-1，1999年9月
- 9) 佐々木 隆ほか：岩手県の衣食住に関する研究その4，雪工学会大会論文報告集Vol.16，1999年12月
- 10) 菅原正子ほか：岩手県の衣食住に関する研究その5，雪工学会大会論文報告集Vol.16，1999年12月
- 11) 魚住 恵ほか：岩手県の衣食住に関する研究その6，雪工学会大会論文報告集Vol.16，1999年12月