高断熱高気密住宅における熱環境特性と居住者の健康に関する調査

INVESTIGATION OF THERMAL PERFORMANCE AND OCCUPANT'S HEALTH IN WELL-INSULATED AND AIRTIGHT HOUSES

吉野 博*, 長谷川 兼一**

Hiroshi YOSHINO and Ken-ichi HASEGAWA

The indoor thermal environment, air quality and occupant behavior in well-insulated and airtight houses in and around Tohoku district are investigated through questionnaire and field measurement. This report describes the results from the questionnaire survey conducted in summer of 1993 and winter of 1994, and thermal environment of 16 well-insulated and airtight houses in Morioka and Sendai by the field measurement in winter and summer of 1994. The number of houses investigated by the questionnaire survey is about 350. The well-insulated and airtight houses investigated have mechanical ventilation system and space heating system for a whole house. The main findings are as follows:

1. Indoor environment during the heating season of almost houses is thermally comfortable, compared with that of existing house in Japan.
2. The houses provide a comfortable indoor environment and also have a good influence on occupant's health. However, there are some problems related to dry feeling, which should be investigated in future.
3. During the summer, the room temperatures are stable compared with the change of the outdoor temperature in the day, but it doesn't decrease at night even if the outdoor temperature drops. It is possible to improve the indoor environment by cross ventilation with opening windows or night time ventilation.

Keywords: *Well-insulated and airtight houses, Thermal environment, Occupants' health, Questionnaire survey, Field measurement*

高断熱高気密住宅, 熱環境, 健康, アンケート調査, 実測調査

1 はじめに

近年, 住宅においては快適性, 健康性に対するニーズが高まりつつあり, 一方では地球環境問題等から省エネルギーに対する要請も強まっている。これらの要求を満足させるには, 断熱・気密化の推進, 自然エネルギー利用システムの導入などが必要であり, 様々な方面で方策が講じられている。例えば, 建設省では現在の新省エネルギー基準¹⁾の策定を誘導基準として検討中である。

さて, 住宅を断熱気密化する必要性は, ①省エネルギー, ②室内熱空気環境の質の向上, の2つの観点から述べることができる。まず, ①は, 断熱気密化により室内からの熱の流出が抑えられるため, 室温を快適な範囲に保つために必要な暖冷房エネルギーを低減させることが可能となる。しかし, 暖房面積・暖房時間の増大などにより, 必ずしも省エネルギーが達成されるとは限らないことが指摘されており, 断熱気密性能レベルとの関連で検討が必要となる。次に, ②は, 断熱気密化により輻射環境の向上と上下温度差の低減が期待できるため, 温熱快適性が向上する。断熱性能を高めると窓ガラスなどの壁体表面温度が上昇するために, 冬期には冷輻射が低減される。また, 気密性能を高めると冬期に隙間からの冷気の侵入を防止でき, コールドドラフトや上下温度差の低減が実現可能とな

る。また, 壁体表面温度が空気温度に近づくため, 結露防止へも期待でき, カビの発生を防ぐことにより室内空気を清浄に保つことができる。住宅の断熱気密化は以上の観点からその有効性が期待できるが, 実際の住宅において適用した場合の効果や問題点について明確に把握されているとは言い難い。さらに, 我が国では高断熱高気密住宅そのものの歴史が浅いために, 設計基準が十分に整理されているとはいえない。このような状況においては, 室内空気汚染の危険性, ダニやカビによる居住者の健康への影響などが懸念されるとともに, 省エネルギー性についても明らかではない。

そこで, 住宅を断熱気密化した場合に形成される熱空気環境の特徴やそれに関わる問題点, 省エネルギー性を明らかにすることを目的とし, 東北地方を中心として建設されている高断熱高気密住宅を対象としたアンケート調査および実測調査を実施した。本論文では, 高断熱高気密住宅の熱環境特性と居住者の健康について調査結果を考察・分析したので報告する²⁾。

2 アンケート調査

2.1 調査の概要

高断熱高気密住宅の選定に際して, 現在建設されている住宅の中から無作為に抽出することは困難であるために, 各工務店・施工業

* 東北大学大学院工学研究科 教授・工博

** 信州大学工学部社会開発工学科 助手・博士(工学)

Prof., Dept. of Architecture and Building Science, Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., Dr. Eng.
Research Assoc., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Shinshu Univ., Dr. Eng.

表1 アンケート調査の内容

調査内容の分類	質問項目
引っ越し前の住宅に関する質問	床面積、構造、住戸形態、居間の窓、使用暖房器具、冬期の問題点、夏期の問題点
シェルター性能	建設時期、床面積、構造、気密工法、玄関扉の性能、断熱材の種類と厚さ、居間の窓
設備	暖房設備、冷房設備、換気設備、給湯熱源、台所レンジの熱源、台所換気扇の有無
住まい方	暖冷房設備・換気設備の使用状況、防曇の工夫、空気の汚れの対処、湿気の対処、住まい方の変化
エネルギー消費量	引っ越し前の住宅との比較、月別のエネルギー消費量
居住者特性	家族構成、年間収入、回答者の性別・年齢・職業、入居理由
問題点	暑さ、空気の汚れ、湿気、結露の有無、健康の変化、音

表2 アンケート調査の対象地域と回収状況

対象地域	配布数	回収数	
		冬期	夏期
北海道	50	26	21
東北地方	青森	107	74
	岩手	83	25
	秋田	197	100
	山形	41	14
	宮城	158	44
	福島	61	49
北陸・長野	122	67	52
その他	99	42	40
合計	918	446(49%)	416(45%)

者に対して居住者の紹介を依頼し、各業者を通じて調査用紙を配布した。調査の対象とする地域は、主に東北地方であるが、比較のために北海道、北陸地方などの地域も含めた。なお、各業者に住宅の紹介を依頼する際には高断熱高気密住宅の条件として、1)断熱気密化された住戸、2)全室暖房可能な住宅、3)計画換気がなされた住宅、4)入居後1年以上経過している住宅、の4条件を提示した³⁾。

アンケート調査の内容は、吉野による居住環境の構成要素⁷⁾に従い、表1に示すように、各要素について把握できるように設問を設けた。また、対象住戸での問題点を把握するために、結露、室内空気、家族の健康、室内の音などに関する設問を設けた。アンケート調査は冬期と夏期に分けて行い、1993年の9月と1994年2月にそれぞれ行った。

2.2 対象地域と回収状況

表2に調査の対象地域と回収状況を示す。対象地域の分類に関しては、単純に都道府県別に分類している。回収数は夏期と冬期とで多少異なっているものの、全体の回収率は冬期で49%、夏期で45%であった。

2.3 調査結果

図1にアンケート調査の集計結果を示す。

(1)住宅の特性

床面積は100~220m²の範囲にばらついており、平均は各地域とも160m²前後である。とくに地域的な特徴は見られないが、200m²以上の規模の大きい住宅が北海道を除く各地域に含まれている。次に、暖房設備は、「石油セントラル式暖房」と「石油FF式暖房」が多い。また、冷房設備の保有率は東北地方全体で50%であり、南の地域ほど保有率が高くなる傾向が見られ、北海道の保有率は10%程度と小さ

い。換気方式は、「給排気ともセントラル」が多いが、「排気のみセントラル」が福島県で特に多く見られる。また、青森県では「各室個別の機械換気」が半分以上占めている。住宅特性については、地域性が明確に表れる場合は少なく、むしろ各都道府県における工務店・施工業者⁸⁾の片寄りが宅特性に直接反映していると考えられる。

(2)暖房設備の使用状況

連続全室暖房を行っている割合は東北地方で50%前後である。また、連続暖房しない理由として「暖房費の節約」、「家を空けるため」よりも、「暖房する必要なく暖かい」ことを理由に挙げている割合が高い。これは、住宅の断熱気密化により熱の損失が小さくなっていることに起因するものと推察される。

(3)冷房設備の使用状況と室内の暑さ

冷房設備を「常に用いる」住宅は少なく「時々用いる」場合が多い。冷房設備を使用しない理由として、「電気代の節約」や「体に良くないから」を理由に挙げている回答は少なく、「窓の開放で十分」との回答がほとんどであり、東北地方全体では約60%を占めている。また、「日射遮蔽による効果」や「扇風機の使用」を理由に挙げている回答も見られる。

居住者が感じている夏期の室内環境に関する問題点として、「室内の暑さ」を挙げている自由記述形式の回答には、「熱がこもる」、「熱が逃げにくい」、「冷房がないと過ごせない」との指摘が見られたが、これらの指摘は全体の20%程度であった。しかし、この結果には調査時期の夏期が冷夏であったこと⁹⁾や、回答形式を選択式にしなかったことなども影響していると考えられたため、再度、1995年8月に暑さに対する簡単なアンケート調査を行った¹⁰⁾。その結果、「とても暑い」との回答は全体の8%、「暑い」との回答は29%となっている。暑いとの回答に対する理由として、「日射遮蔽ができない」(17.4%)、「熱が逃げにくい」(22.2%)などが挙げられている。高断熱高気密住宅では「日射遮蔽」が不十分であったり、「排熱の工夫」がなされていない場合には室温の上昇を招きやすいことが指摘できる。

(4)冬期の換気設備の使用状況と居間の空気環境

換気設備は「常に運転」させる割合が全体的に高く、東北地方全体では約50%である。しかし、青森、岩手では「運転・停止を繰り返す」が多いが、これは、換気設備が各室個別の機械換気であることが理由の一つとして考えられる。また、図には示していないが、換気設備を停止させる場合は「外出するとき」、「就寝するとき」という回答が多く見られた。

居間の空気の汚れは、「台所で調理しているとき」や「喫煙者がいるとき」に空気の汚れを感じている。空気の汚れを感じている住宅の割合は、北海道では5%未満であり、東北地方では青森と岩手で40~45%と多く、その他の地域では30%以下である。

(5)冬期の居間における湿気環境と結露

居間の湿気環境は、以前住んでいた住宅と比べて「乾燥気味になった」と回答した居住者が東北地方で45%を占めている。

居間の結露は、北海道及び東北地方においてはほとんど見られないが、その他の地域では約40%の住宅で結露が生じていると回答している。

2.4 居住者の住まい方の変化

図2、図3は、高断熱高気密住宅に移って冬期及び夏期の住まい方にどのような変化があったかを示している。まず、図2を見ると、冬期においては「朝の起床が楽になった」、「夜のトイレが億劫でなくなった」と答えている居住者が多く、全体の60%前後を占めている。また、割合が少ないものの、「裸足で過ごすようになった」、「子供や高齢者の室内での活動範囲が広がった」という指摘も見られる。これらの結果より、住宅の断熱気密化によって冬期の温熱環境の向上が実現されていることが把握できる。

図1 アンケート調査の集計結果

次に、図3を見ると、「冷房が不要になった」と答えている居住者が最も多く40%前後を占め、次いで、「通風に気をを使う」、「日射遮蔽に気をを使う」が挙げられる。この結果は、日射遮蔽や通風に気を付ければ、室温上昇を抑えられることを示唆している。

2.5 居住者の健康に関する変化

入居後の健康上の変化に対する意見^{※7}は、冬期の場合がほとんどであり、40%の居住者が良い変化があった、15%が悪化があったと回答している。入居後の健康上の良い変化、悪化の内容を、図4、図5に

示す。図4より、良い変化として、「かぜをひかなくなった」が特に多く、「神経痛、腰痛、肩こりがなくなった」がこれに続く。これらの変化は、住宅の断熱気密化にともない温熱環境が向上し、居住者の生理的なストレスが小さくなったことがその理由として考えられる。また、わずかではあるが「アトピー性鼻炎が良くなった」、「アトピーの症状が軽くなった」との指摘が見られる。一方、悪い変化については、図5より、「乾燥肌になった」及び「喉の具合が悪くなった」と

図2 冬期における住まい方の変化

図3 夏期における住まい方の変化

の指摘が多く、「アトピー性皮膚炎が悪化した」という指摘も見られる。

3 実測調査

3.1 対象住宅の概要

対象住宅は、先に示したアンケート調査の調査対象住宅において何らかの問題点を指摘している住宅を選び、冬期と夏期に実測調査を行った。測定対象住宅は、仙台市及び盛岡市に建設されている断熱気密化住宅16戸(各都市8戸)である。

表3に調査対象住宅の概要を示す。No.1~8が仙台市内の住宅、No.9~16が盛岡市内の住宅である。いずれも竣工後間もない住宅で、床面積は、不明な住宅を除くと、130m²以下が5戸、130~160m²未満が3戸、160m²以上が6戸に大きく3つに分けられる。断熱材は、いずれの住宅も、壁、床、天井すべてに施されているものの全体的に、天井の断熱より、壁や床の断熱が十分でない住宅がいくつか見られる。また、窓ガラスは全ての住宅において複層ガラスとなっている。暖房設備は、仙台のNo.7の住宅を除いてすべて全室暖房可能な設備を保有している。

No.7の主要暖房設備は開放型ストーブである。この住宅は、他の住宅に比べて断熱材の使用状況も十分とは言えない。開放型ストーブは、No.6の住宅でも使われている。また、仙台市内の住宅はすべて、補助暖房器具としてこたつや電気ヒーターなどを使用しているが、盛岡市内の住宅ではその割合が小さい。クーラーの所有状況は、仙台が2戸、盛岡が3戸である。なお、各住宅とも、居室の換気には機械換気設備の使用が可能である。

3.2 測定概要

測定は、居間及び、北側に面した冬期に比較室的温の低い部屋の2室を対象と

図4 健康上の良い変化

図5 健康上の悪い変化

表3 対象住宅の概要

No.	竣工年度	床面積(m ²)	断熱材厚(mm) / 断熱材種類			暖房設備	補助暖房器具	冷房の有無	家族の人数
			壁	床	天井				
1	1992	182	100 / GW	100+30 ^{*1} / S	200 / GW	ヒートポンプ式エアコン	電気ストーブ、こたつ	○	5
2	1989	124	100 / GW	150 / GW	200 / GW	石油セントラル	こたつ	×	4
3	1991	196	100 / GW	50+30 ^{*1} / S	100 / GW	石油セントラル	電気ストーブ	○	5
4	1989	161	40 / U	30 / U	40 / U	石油セントラル	電気ストーブ	×	3
5	1990	117	40 / U	150 / GW	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	こたつ	×	5
6	1991	164	100 / GW	50+25 ^{*1} / S	100 / GW	蓄熱式電気暖房	開放型石油ストーブ	×	4
7	1989	155	25 / U	25 / U	50+30 ^{*2} / GW+U	×	開放型石油ストーブ	×	5
8	1992	106	40 / U	40 / S	100 / GW	石油FF式ヒーター	電気カーペット	×	4
9	-	-	-	-	-	石油FF式ヒーター	×	○	6
10	1992	151	50 / U	30+50 ^{*1} / S	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	×	○	6
11	1992	206	100 / U	88 / U	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	電気カーペット	○	3
12	1989	116	100 / U	100 / U	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	×	×	5
13	-	-	-	-	-	石油FF式ヒーター	×	×	4
14	1992	137	50 / U	30+50 ^{*1} / S	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	×	×	4
15	1990	105	100 / U	88 / U	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	×	×	4
16	1991	224	100 / U	88 / U	200 / GW	石油セントラル(温水パ ^ネ ル)	×	×	3

No.1~8は仙台市内の住宅、No.9~16は盛岡市内の住宅、*1 基礎の断熱材厚、*2 屋根の断熱材厚
GW:グラスウール、U:ウレタンフォーム、S:スタイロフォーム

図6 冬期における居間温湿度の日変動(仙台市)

図7 冬期における居間温湿度の日変動(盛岡市)

し、测温抵抗体及び小型データロガーを用いて行った。測定項目は、1戸当たり6点(居間の床上5cmの温度、床上1.1mの温度・グローブ温度・湿度、北側室の床上1.1mの温度、湿度)である。データは30分平均したものをを用い、夕食後の室温の比較的安定した時間帯を団らん時とする。外気温はすべての住戸にて測定できなかったため、仙台市では東北大学構内に測定しているデータを、盛岡市ではNo.10にて測定した値を用いた。冬期調査を1994年2月～3月に、夏期調査を1994年の8月に行った。測定は、各住宅について最低5日間のデータが得られるように行った。

3.3 測定結果

(1)冬期における温湿度変動

図6、7に仙台市及び盛岡市内の断熱気密化住宅における、居間の温湿度変動を示す。これらは、測定期間内の5日間のデータを時刻別に平均し、1日の変動をモデル化している。この期間における平均外気温は、仙台市で0.9℃、盛岡市で1.0℃であった。

各住宅の室温は団らん時に15～25℃の範囲で安定している。しかし、就寝時より明け方にかけて室温が低下する住宅と、低下せずに比較的一定温度を維持している住宅が見られる。No.1, 5, 12, 13, 15は24時間暖房を行っている住宅であるが、これらの住宅の室温変動は終日安定している。その他の住宅は間欠暖房を行っており、就寝時には暖房を停止させている。特に、No.2, 7では朝と夜のみ暖房する住宅であるが、その住まい方の影響が測定結果に表れている。また、測定では、居間における床上5cmでの温度を測定したが、その結果を用いて上下温度差(床上5cmと1.1mでの温度差)を求めると、いずれの住宅も明け方平均、団らん時平均及び日平均は0～4℃の範囲におさまっていた。

相対湿度は、No.2, 15で40%を下回る値を示しているが、ほとんどの住戸が40～70%の範囲で変動している¹⁰⁾。アンケート調査結果では「空気の乾燥」を訴えている居住者が多く見られ、ここで示したNo.10以外の住宅で「空気の乾燥」を訴えている。しかし、実測で得られた湿度はそれほど低い値ではなく、アンケート調査の結果とは必ずしも対応していない。

(2)夏期における温湿度変動

図8に盛岡市内の住宅(No.9, No.11及びNo.14を除く合計5戸を対象)における居間の温湿度変動¹⁰⁾を示す。調査した年の夏期は、平年より気温が高く、仙台市及び盛岡市内とも8月の気温は平年より2～3℃高い。対象期間の外気温は盛岡市で27.0℃であった。

室温は、終日外気温よりも高い住宅が多く、夜間でも室温は低下せずに、6～8℃の室内外温度差がある。これは、日中には窓を開けし通風を行うが夜間には窓を閉鎖するためと考えられ、窓の閉鎖により外気温が低下しても室内における熱の流出が抑えられている。また、No.10では冷房を備えているが使用しておらず、室温は外気温より高い。測定期間中の外気温の変動を見ると、明け方の温度が21～24℃まで低下しているため、明け方の冷気をうまく室内に取り入れれば、日中の室温上昇は比較的小さくなる可能性があり、例えば、夜間換気を行うことで現状をかなり改善できると考えられる。また、室内相対湿度は、各住戸とも70%前後で変動している。

3.4 明け方・団らん時における居間の温湿度状態

図9は、測定期間中の居間における温湿度の状態を、明け方平均及び団らん時平均ごとにプロットしたものである。各住宅で団らん時と明け方の温湿度状態は、相対湿度差よりも室温差の方が大きいことがわかる。

アンケート調査で対象とした住宅の45%が、断熱気密住宅に住むようになって空気の乾燥を感じるようになったと訴えている。そのうち、乾燥により家族の健康に何らかの被害(のどの痛み、乾燥肌など)を被っていると回答した居住者が多く見られた。今回測定した住宅のうち、No.2, 13, 14が、乾燥による被害を感じている住宅である。具体的には、「起床時に喉がいがらっぽい」(No.2)、「乾燥しすぎて喉が痛い」(No.13, 14)、「かぜをひきやすくなった」(No.14)、「乾燥肌が悪化した」(No.14)などの居住者の意見が得られた。測定結果と比較すると、No.2では全体的に湿度が低く、明け方の相対湿度が30%を下回っており居住者の意見と符合する。しかし、No.13の測定結果を見るとそれほど乾燥しているとは思えない¹¹⁾。以上のことから、室内空気の乾燥を感じている住宅におい

て湿度が特に低い訳ではなく、居住者の乾燥感は必ずしも低湿度の影響ではないことが示唆される。

3.5 既往の住宅との比較

測定対象住宅の冬期における温熱環境を既往のデータ⁸⁾と比較することにより、熱環境の特徴を明らかにする。ここでは、冬期5日間の測定データに基づき団らん時を19時から22時と定義し、団らん時における各温度の平均値を用いて比較する。また、図10、図11に示す各グループの属性は次のようになる。A:東北地方主要8都市の公社分譲住宅(78戸, 1968年~1979年建設), B:山形県の農村部の住宅(30戸, 1978年以前建設), C:岩手県沢内村の住宅(9戸, 1戸を除いて1970年~1981年建設), D:仙台市近郊で断熱気密性能の比較的高いストーブ暖房の住宅(7戸, 1981年~1984年建設), E:仙台市近郊で断熱気密性能の比較的高い床暖房の住宅(6戸, 1982年~1984年建設), F:仙台市近郊の鉄筋コンクリートの集合住宅(9戸, 1964年~1971年建設), G:仙台市及び盛岡市の断熱気密化住宅(16戸, 1989年~1992年建設)。

(1) 居間の室内外温度差と上下温度差の関係

図10に、団らん時における居間の室内外温度差と上下温度差の関係⁹⁾を示す。ここで、図中の r 値を上下温度差係数と定義し、上下温度差(床上5cmと1.1mの温度差)と室内外温度差の比をとる。 r 値が小さいほど室内の温熱環境が快適に保たれる可能性が高い。言い換えれば、温熱環境を快適に形成するための性能が高いことが示される。

グループGの調査対象住宅(No.1~No.16)の温熱環境は、No.7を除くと、グループEの高断熱・床暖房の住宅に近い水準にあり、室内の温熱環境は住宅のシェルター性能及び設備性能の向上によりかなり良好となっていることがわかる。この結果は、アンケート調査の冬期における温熱環境に関する結果を反映するものと考えられ、住宅の断熱気密化により居室の熱環境が向上していることが確認できる。なお、No.7は暖房システムがなく壁体の断熱材厚が小さいため、温熱環境の水準が他の断熱気密化住宅と異なっていると思われる。また、No.7を除いた住宅の r 値は、0.0~1/8であるので、外気温が0℃、室温が20℃のときの上下温度差は0~2.5℃になるといえる。

(2) 居間の室内外温度差と廊下等における室内外温度差の関係

図11に、団らん時における居間の室内外温度差と一般に非暖房室と見なされる廊下等における室内外温度差の関係⁹⁾を示す。今回、調査対象住宅(No.1~No.16)の場合は縦軸の値として、住宅内において比較的温度が低いと考えられる北側居室の温度を用いた。図中の r 値を温度低下率とし、廊下あるいは便所(グループGは北側居室)の外気温基準温度と居間の外気温基準温度の比をとる。 r 値が1に近いほど、両室の温度差が小さく住宅内で極端に温度が低いところが少ないことが示される。

グループGの調査対象住宅(No.1~No.16)に注目すると r 値が0.7~1.2の範囲にあるため、室間の温度差は小さいものと考えられる。図において、グループBやグループCに属する住宅は農村部の住宅であり、居間と廊下・便所との温度差が20℃に達する場合も見られ、これらの住宅においては室間の温度差が非常に大きいため生理的なストレスが生じることにより血圧が上昇し、脳卒中の発症につながる恐れがあるとの指摘が吉野⁹⁾によってなされている。この観点からみれば、高断熱高気密住宅においては、は基本的に全室暖房であるため極端に温度が低い空間はないものと考えられ、生理的なストレスがほとんどなく、居住者の健康に良い影響を与えていることが明らかといえる。

(3) 断熱気密化住宅の室内温熱環境のグレード

図8 夏期における居間温度の日変動(盛岡市)

図9 冬期における居間の温湿度状態

図10 団らん時の室内外温度差と上下温度差の関係

断熱気密化住宅の室内熱環境がどの程度のレベルにあるかを把握するために、表4に示すように、室内温熱環境のグレード⁹⁾を用いた。比較対

象は山形県郡部に位置する住宅(グループB)と高い断熱性能を持ち床暖房を備えた住宅(グループE)である。室内温熱環境を評価する指標として室温、上下温度差、グローブ温度などを取り上げ、各項目ごとに5段階のグレードを設けグレード5が最も評価が高くなる。表4を見ると、断熱気密化住宅16件における室内温熱環境の各項目のグレードは山形県郡部の住宅よりも高く、いずれも床暖房を備えた断熱住宅に近いことがわかり、住宅の断熱気密化により室内温熱環境の質が向上していることが示される。また、先に述べたように、断熱気密化することの必要性として室内熱空気環境の向上の観点から期待された、上下温度差の低減及び輻射環境の向上が実現されていることがわかる。

4 おわりに

断熱気密化により冬期において、輻射環境の向上、上下温度差の低減、室間の温度差の低減、が実現されており、温熱環境は従来の住宅よりも良好であることが示され、居住者の健康へ良い影響を与えている。一方、「空気の乾燥」を訴える居住者が多く見られたものの、室内湿度と乾燥感とは必ずしも一致せず、「空気の乾燥」は低湿度が原因とはいえない可能性が指摘できた。喉の痛みや目への刺激という症状は、化学物質を使った新しい建材や接着剤などに使用されている、ホルムアルデヒドやVOC(揮発性有機化合物)によって生じる場合が報告されており¹⁰⁾、居住者の乾燥感はいずれの室内空気質によりもたらされている可能性があるといえ、今後検討すべき重要な課題である。また、夏期の場合、夜間に外気温が低下しても、窓を閉鎖するため室温は低下しない住宅が多いが、夜間換気を行うことで現状はかなり改善されるものと推察される。

あとがき

本研究の一部は1993年度(財)住宅総合研究財団研究助成(東北地方における高断熱高気密住宅の健康性と省エネルギー性から見た評価)によるものである。また、本調査は、日本建築学会・環境工学委員会・熱環境運営委員会・建築環境小委員会・地域特性WG(幹事 吉野 博、赤林伸一、石川善美、内海康雄、角舎輝典、佐々木隆、澤田紘次、八町雅康、松本真一、三浦秀一、山岸明浩)及び住まいと環境東北フォーラム研究委員会(主査 吉野 博、石川善美、猪苗代裕、内海康雄、久慈るみ子、鈴木 悟、澤田紘次、高島浩一郎、二郷 精、江江末次、山本里見)が主体となって行っている研究の一環である。アンケート調査用紙の作成にあたっては、関係各位に貴重な意見を賜り、大変に参考になった。本調査を行うにあたっては、各工務店・施工業者の方々にご協力頂いた。お世話になった方々に、心から感謝の意を表する次第である。

注

- 1)平成4年に改正された「住宅に係るエネルギー使用の合理化に関する設計及び施工の指針」(新省エネ法)において定められた性能を上回る住宅性能を有する、良質な住宅を確保するために、建設省が中心となって策定が検討されている誘導基準。
- 2)本論文は既発表論文1)~6)に加筆・修正を加えたものである。
- 3)「断熱気密化された住宅」という条件は曖昧であるが、結果として、回答の得られた住宅の断熱性能は、各県とも新省エネルギー基準を満たすものが大半を占めており、全体の94%が基準を満たしている。また、気密性能について具体的な値は不明であるが、ほとんどの住宅において気密化を行っている。
- 4)各都道府県ごとに1~8社であるが、1~2社が大半を占めている。
- 5)調査した年の8月の平均気温は、盛岡市を例にとると20.8℃であり、平年よりも2.4℃低かった。ちなみに、翌年の1994年では25.8℃であった。
- 6)アンケート調査用紙は先のアンケート調査により回答を得られた住宅446件に配布した。回収は230件得られ、回収率は52%である。
- 7)「ご家族の方の健康に何か変化がありましたか。」という質問に対する回答。
- 8)居住者の健康上の変化に対して、「悪い変化があった」と指摘している住宅を優先的に選んだ。その他の問題点としては、夏の暑さや冬の乾燥が挙げられている。
- 9)北側室の相対湿度は、ほとんどの住宅で30~60%の範囲で安定した変動を示している。
- 10)夏期における室内湿度は、冬期の結果を示したように平均化すると居住者の住まい方の影響が顕著に現れてこないため図のように示した。
- 11)No.14では、測定期間中に家を不在にすることが多く、実測結果が実際の居住状態を示しているとはいえない。

図11 居間の室内外温度差と廊下等における室内外温度差の関係

表4 室内温熱環境のグレードと対象住宅の測定結果

グレード		1	2	3	4	5
居間 温度	床上1.1mの温度	12	15	18	21	24
	上下温度差 ^{*1}	10	8	6	3	0
	グローブ温度差 ^{*2}	-3	-2	-1	0	1
	明け方の最低温度 ^{*3}	2	6	10	14	18
	寝室の温度(団らん時) ^{*4}	4	8	12	16	20
	便所・廊下温度(団らん時) ^{*4}	2	5	8	11	14

山形県郡部 断熱気密化住宅16件

高断熱・床暖房

*1 床上1mの温度が20℃、外気温が0℃の時の値。

*2 グローブ温度と床上1m温度との差。

*3 外気温が0℃の時の値。

*4 団らん時に、居間の床上1mの温度が20℃、外気温が0℃の時の値。

※ □(No.7)は断熱気密化住宅16件からはずした。

参考文献

- 1)長谷川兼一、吉野 博、石川善美、佐藤博之：東北地方を中心とした高断熱高気密住宅の健康性と省エネルギー性から見た評価(その1) 夏期におけるアンケート調査の概要と対象住戸の特性、日本建築学会学術講演梗概集、1994年9月。
- 2)佐藤博之、吉野 博、石川善美、長谷川兼一：東北地方を中心とした高断熱高気密住宅の健康性と省エネルギー性から見た評価(その2) 夏期のアンケート調査結果及び考察、日本建築学会学術講演梗概集、1994年9月。
- 3)吉野 博、石川善美、長谷川兼一：東北地方における高断熱高気密住宅の健康性と熱空気環境 その1 夏期の室内環境に関するアンケート調査、第18回人間・生活環境系シンポジウム報告集、1994年12月。
- 4)吉野 博、石川善美、長谷川兼一：東北地方における高断熱高気密住宅の健康性と熱空気環境 その2 冬期における温熱環境の実測調査、第18回人間・生活環境系シンポジウム報告集、1994年12月。
- 5)吉野 博、石川善美、長谷川兼一：東北地方における高断熱高気密住宅の熱空気環境と健康性-冬期のアンケート調査と実測調査-、東北大学建築学報 第34号、1995年3月。
- 6)Ken-ichi Hasegawa and Hiroshi Yoshino: Investigation of indoor thermal environment and air quality in well-insulated and airtight houses in Tohoku district, Indoor Air '96, 1996.8.
- 7)吉野 博：寒冷地住宅の熱・空気環境設計-現状の問題点と今後の課題-、東北大学建築学報 第29号、1990年3月。
- 8)長谷川房雄、吉野 博：東北地方の各種住宅における冬期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、1987年1月。
- 9)長谷川房雄、吉野 博、荒井宏明、岩崎 清、赤林伸一、菊田道宣：脳卒中の発症と住環境との関係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 第4号、1985年4月。
- 10)岩下 剛、赤坂 裕：カーペットから放たれる揮発性有機化合物が在室者の知覚空気質評価に及ぼす影響に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1996年9月。

(1997年7月10日原稿受理、1997年12月3日採用決定)