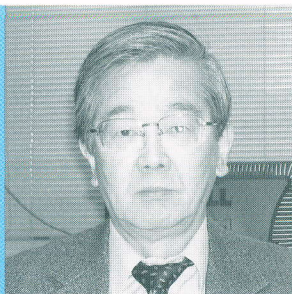


長野県での無暖房住宅の 挑戦と展望



信州大学 名誉教授 山下 恭弘

(やました やすひろ)

1964年東京工業大学(工教・電気工学科)卒、68年日本大学理工学部建築学科卒、70年東京工業大学助手、82年信州大学工学部建築工学科助教授、89年同工学部社会開発工学科教授。2008年4月より信州大学名誉教授。専門は建築音響、戸建住宅の温熱環境・省エネルギー。

はじめに

長野県の今年(2008年)は昨年の暖冬に比べて寒さが厳しく、山間部は大雪に見舞われて雪崩などの災害が多発した冬季であった。同様に東北の各地、北海道でも厳しかった。さらに昨年来からのガソリンの高騰に伴って、灯油も高騰して次世代省エネルギー基準が定める地域区分でⅠ地域の北海道、本州の東北、信越地域のⅡ、Ⅲ地域の寒冷地では確実に生活費に重く負担がのしかかったはずである。

今年4月から京都議定書で日本が公約した1990年比-6%のCO₂削減を2012年までに達成しなければならないことになっている。産業界では、省エネに対してかなりの努力をしているが燃料の高騰などにより限界に達しているとして、食品、日用品などの価格上昇が始まっている。電力鉄鋼業界では、発展途上国に技術支援などをしてCO₂など温暖化ガスを減らす見返りに、これにより減らしたとして算入できる仕組みのクリーン開発メカニズムを活用して、CO₂排出権で得るなど活発化してきている。一方、民生部門では、家電、照明、給湯、冷暖房のエネルギー消費が1990年以来一貫して増加しており、このままでは低減化が難しいといわれて、今年6月には次世代省エネルギー基準を改正して、断熱強化より、むしろ柔軟に多様な選択肢を設け、かつ届け出制として実質義務化になる見通しであると報道されている。しかしながら、このまま灯油の高騰の高止まり、電力、ガスなど基幹エネルギーの値上げなどが続くと改定によってもⅠ～Ⅲ地域の暖房費がますます生活を圧迫することになることには変わりはないと予想される。ここでは長野県で無暖房住宅に挑戦した結果の概要と普及の展望、および現状の政策、改正にかかわる関連性について私見を述べることにする。

信州の無暖房住宅取り組みの経緯

2005年3月に長野市でスウェーデン建築家のハンス・エー

ク氏による講演は、450名近くの人が集まる盛況で、ある意味で衝撃的な講演であった。機械設備に頼らず断熱気密を徹底して強化して、可能なパッシブ手法の取り込みによって無暖房を実現したとの内容であった。私もパネラーとして参加して、長野県で出来ないことは無い、やってみたらどうかと発言した。長野県の次世代省エネルギー基準は、Ⅱ地域とⅢ地域がある。Ⅲ地域の長野市でも冬季は零下になる日、真冬日になる日も数日続くことがあり、梅雨、夏季の暑さは盆地特有の高温になるなど寒冷地Ⅰ地域の北海道とは異なる地域である。また、長野県はパッシブの活用、特にソーラー発電、ソーラー熱の利用に対して関心が高く、従って高気密高断熱住宅は、周知されている。しかし、このところ大手ハウスメーカー、地元のどの建設会社も一様に高気密高断熱住宅と高性能を掲げており、購入者はどれがいいのか戸惑っているし、私から見てもこれが高性能かと疑わざるを得ない住宅も見受けられる。すなわち、評価のしようが無い“無法状態”といっている状況であると思っている。次世代省エネルギー基準を満たす住宅の普及率は、全国的に長野県は必ずしも高いわけではない。

私は大学の産学共同活動の一環として、地元の建設会社、大手建材メーカーなどで構成している住宅研究会の会長として20年続けて活動してきている。研究会では講演の数年前から、断熱材を厚くして強化した場合についてシミュレーションをして、年間を通じてエネルギー消費が低減されることは理解していた。そんな中での講演であったので内容を聞いて、長野で実現したいとの思いには私だけでなく共感する業者が多くいたようで、私に問い合わせた業者と実現に向けて検討した。私はまず徹底して断熱強化を主張したのに対して、あまりに非現実だとの考えもあって、とりあえず信州大学工学部キャンパス内に16m²程度の実験住宅を建てることになった。断熱については妥協しないとして、一般的なグラスウール(以下GWと記す)を使うことにして、厚さは構造合板を挟んで内外で520mmとした。実験するに当たって、室内に人体と同

程度の発熱をする簡易人体模型を設置し、ほかに家電、照明の排熱を時間的に制御して発生させて、消費エネルギーを細かく実測することにした。さらに厚い断熱内の温度変化などを詳しく計測する計画を立てた。これによりパソコンとデータ記録計を組み合わせ発熱制御を行って、1分間隔で室内外の温湿度、壁内の温度変化、消費電力など107点を通年で計測することにした。図1に実験住宅の概要を示す。2005年の8月末に完成して、実測を開始した。8月末に完成をしたが、準備計測中もあって、1日中窓を閉じて日射遮蔽をしないと室温は30℃を越すことになり、エアコンの冷房を行った。その後、エアコンの電力消費は、ガス入り木製トリプルガラスの外側に日除けをつけて昼間は日射遮蔽をし、夜間は窓を少し開けるなどをすると激減することがわかった。冬季は予想通り無暖房を実現させた。図2に正月冬期休暇の1週間で真冬日が続いた無人の期間、内部発熱のみで無暖房で20℃を維持した結果を示す。この結果の反響は大きく、TV報道、建設新聞などに掲載されたが、反面、いい加減さが気になることがいくつかあった。すなわち取材する記者の理解の無さ、業者の

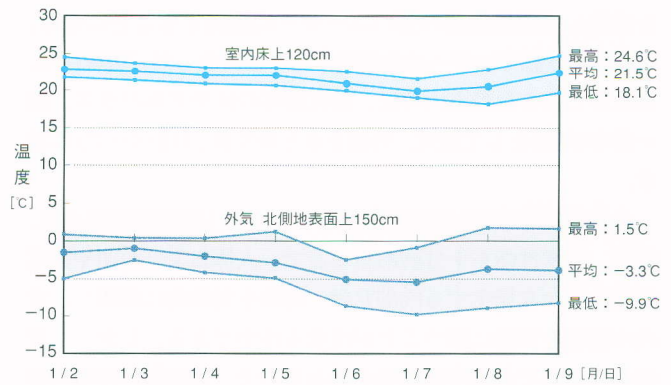


図2 2006年1月の測定結果

先走りの情報などをもとにした報道があり、不公平感を痛感した。以後、大学を通して事前に報道発表用資料を提示して公平性、透明性に努めるようにした。

その後の信州での 無暖房住宅・最適省エネルギー住宅

実験住宅とは別にⅢ地域の長野市内、Ⅱ地域の軽井沢町西の御代田町にモデルハウスを建設したいとの建設会社2社からの共同研究の申し出があり、2006年春季から通年実測が始まった。工法は各社に任せ、実測方法は、実験住宅と同様に内部発熱を計画的に制御してインターネットを通じてデータを1分ごとに送信して大学で受信して解析をする方式とした。この方式は通年計測しても殆ど欠測がない完全に近いシステムであった。計測方法は、夏季は日射遮蔽のため外側の日除けを取り付け、夕方から朝方は窓を少し開けてエアコンを止める実験住宅と同じ方式とした。さらに秋季から同じ考えでⅡ地域の駒ヶ根市の建設会社が省エネルギーを重視する住宅

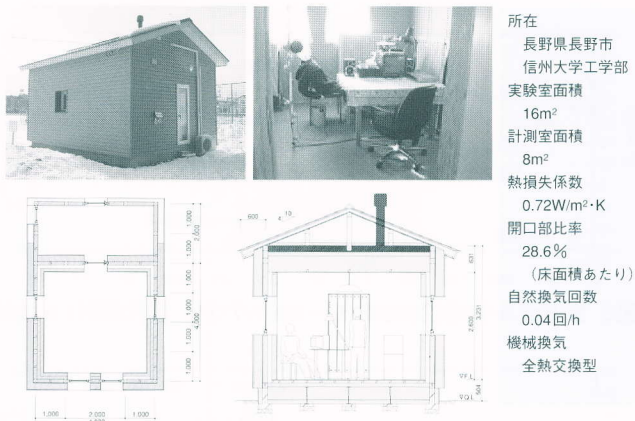


図1 実験住宅の概要

建物名	実験住宅	Hモデル住宅	Nモデル住宅	I邸
建設場所	長野市(Ⅲ地域)	長野市(Ⅲ地域)	御代田町(Ⅱ地域)	駒ヶ根市(Ⅱ地域)
測定期間	2005.10~2006.9	2006.6~2008.1	2006.8~2007.7	2006.12~2008.1
延床面積	16 m ²	125.52 m ²	103.51 m ²	119.25 m ²
家族人数	非居住	非居住(事務所)	非居住	大人2・幼児2
内部発熱制御	有り	有り	有り	無し
熱損失係数 Q値*	0.73 W/m ² K	0.68 W/m ² K	0.78 W/m ² K	0.97W/m ² K
隙間相当面積 C値*	0.4 cm ² /m ²	0.2 cm ² /m ²	0.44 cm ² /m ²	0.7 cm ² /m ²
換気方式 (第1種換気)	熱交換(冬) 普通換気(夏)	熱交換(冬)	熱交換(冬) 普通換気(夏)	熱交換(通年) 普通換気(夏)
断熱仕様	外壁:GW520mm 窓:K=1.3W/m ² K*	外壁:CF400mm 窓:K=1.0W/m ² K	外壁:GW400mm 窓:K=1.5W/m ² K	外壁:EPS310mm 窓:K=1.7W/m ² K
外観写真				

表1 実験住宅、モデル住宅、I邸(居住)の比較

* 熱損失係数Q値: 単位床面積あたり1℃を維持する熱量(W)。
隙間相当面積C値: 気密の性能の表現として、家全体で1m²あたりの総隙間面積cm²で表す。
窓部分の熱貫流率K値: 単位面積あたりの熱の移動1℃を維持する熱量(W)。

を建設して環境意識の強いユーザーに販売することになり、居住した状態でのデータを収集することになった。実験住宅、およびこれら長野市内のH、御代田町のNモデルハウス、駒ヶ根市のI邸として諸元、外観をまとめて表1(13ページ)に示す。

なお建築学会では無暖房住宅について「無暖房住宅とは、断熱、気密性能を十分高めることで、人体および照明や家電器具などから発生する内部発熱・廃熱を効果的に利用し、室内の温度を安定に保つことが出来る住宅である。しかし、居住者にそれぞれ温冷寒感覚が異なるので、最低限の冷暖房器具は必要となる」と定義をして、その後、信州は山間部を除いて都市部は冷房を使う住宅も増えてきていることもあって、「無暖房・最適省エネルギー住宅」とした。“最適”を加えたのは、断熱強化した住宅では夏季の有効な日射遮蔽の工夫、エアコンの連続冷房を避ける工夫とか、冬季は日射を積極的に取り込むなどをすると予想以上の省エネルギー効果があることを居住者に知らせることが建築を専門とするものの義務である、との意味を込めてのことである。

実験結果の概要

通年の実験住宅、H、Nモデルハウス、および居住しているI邸の結果を図3～図6に示す。実験住宅、Hモデルハウスは冬季無暖房であった。Nモデルハウスは長野県でも寒冷的な地(II地域)であるため、冬季は暖房をしたが、夏季は数日間のエアコン稼働であった。Hモデルハウスに比べて、管理の関係で十分に夏季の日射遮蔽、窓明け、冬季の日射取り込みを十分できない状況であった。居住しているI邸は環境意識の高い夫婦子供2人の生活であり、多少室温が低い結果になっているが、主婦が工夫して設定した結果である。アンケートによる快適感などでは、満足している結果であった。なお、2度目の冬季の昨年から今年は暖房の連続運転を依頼したところ消費量は約2倍になったが、通年での増加はそれほど大きくならなかった。これら4建物の結果をまとめて明らかになったことは、徹底して高气密高断熱化にすると、次世代省エネルギー基準が許容している年間冷暖房負荷の1/8程度以内に収まることである。表2に計測条件ごとに消費量とその

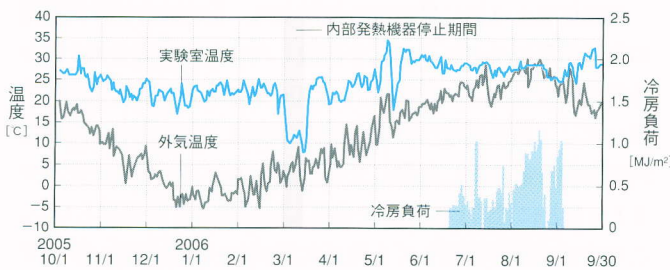


図3 実験住宅(2005/10/1～2006/9/30) 長野市(III地域)

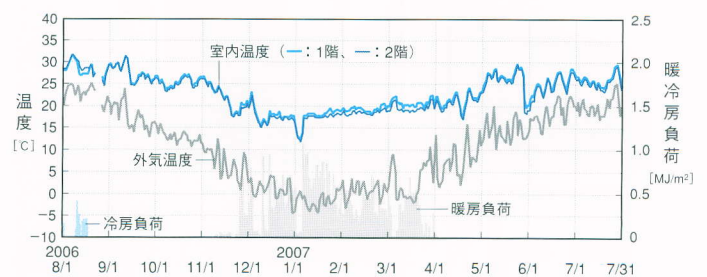


図5 Nモデル住宅(2006/8/1～2007/7/31) 御代田町(II地域)

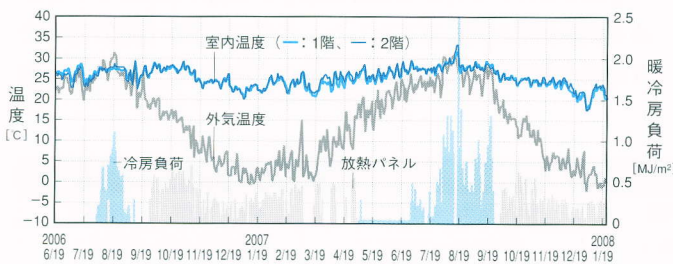


図4 Hモデル住宅(2006/6/19～2008/1/19) 長野市(III地域)

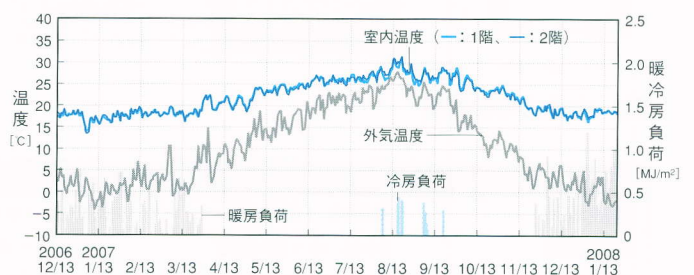


図6 I邸(2006/12/13～2008/1/13) 駒ヶ根市(II地域)

住宅名	運転条件	冬期	夏期	年間暖冷房負荷	次世代許容値比
実験住宅	夏期19:00-翌9:00 窓開けエアコン停止	無暖房	33.3 MJ/m ²	33.3 MJ/m ²	7.2%(460MJ/m ² 比)
Hモデル住宅 ケース1	夏期18:00-翌9:00 窓開けエアコン停止	無暖房	16.96 MJ/m ²	16.96 MJ/m ²	3.7%(460MJ/m ² 比)
Hモデル住宅 ケース2	夏期窓開けなし エアコン任意運転	無暖房	45.32 MJ/m ²	45.32 MJ/m ²	9.9%(460MJ/m ² 比)
Nモデル住宅	夏期窓開け 暖房19℃設定	51.98 MJ/m ²	1.91 MJ/m ²	53.89 MJ/m ²	13.8%(390 MJ/m ² 比)
I邸 ケース1	居住者の任意運転(間欠暖房) 冬期室温16.9℃	暖冷房合計 29.8 MJ/m ²			7.6%(390 MJ/m ² 比)
I邸 ケース2	居住者の任意運転(連続暖房) 冬期室温18.3℃	暖冷房合計 40.7 MJ/m ²			10.4%(390 MJ/m ² 比)

表2 通年計測住宅の消費量

地域の次世代省エネルギー基準が許容する年間冷暖房消費量に対する比率を示す。年間を通じて省エネルギーであることを実証したと言える。

次に、図7に最寒日を中心とした1週間で内部発熱消費量の平均値と外気温と室温を数値で示す。円グラフは消費別エネルギーの比率を示す。実験住宅を除いて、モデル住宅、居住している住宅ではおおむね300Wh/m²でまかなっている結果となった。なお実験住宅は多少消費量が多くなったのは、2006年の平均-3℃の寒い冬季によるもので、ほかは暖冬で平均0℃近くの結果である。

図8は、各住宅の用途別エネルギー消費量と、研究論文*1から引用した北陸、東北の戸建て住宅のエネルギー消費の平均値(以下本州寒冷地住宅と記す)世帯の総消費エネルギーの平均値と比較した結果である。平均値は局所暖房、家全体の暖房を含んだ平均の結果であり、大半は局所暖房の住宅の結果と見ていい。グラフの上端の数値はMJ/m²・年であり棒グラフの先端に示す数値は、暖冷房・換気、給湯、照明・その他に区分した世帯当たりの用途別の消費量GJ/世帯・年である。

る。実験住宅、H・Nモデル住宅は非居住であったが、実際に居住している全室暖房のI邸は、総消費エネルギーが、320MJ/m²・年となって年間冷暖房負荷390MJ/m²・年の80%にあたる。これを本州の寒冷地住宅の世帯当たりの総消費量GJ/世帯・年で比べると56%と算出され、非常に省エネルギーとなったと言える。なお本州の寒冷地住宅の平均のQ値は2.18w/m²・kに対してI邸のQ値が0.97w/m²・k、かつ床面積は146.28m²とI邸に比べて少し大きい結果との比較である。

無暖房・最適省エネルギー住宅を普及させるには

次にいわゆる光熱費ゼロエネルギー住宅(大手ハウスメーカーが言っている呼称)と無暖房・最適省エネルギー住宅は概念がちがうことを述べたい。光熱費ゼロエネルギーを実現する住宅(年間を通じてソーラー発電などを使う)とは、地域の年間冷暖房負荷を満たす仕様であって、年間冷暖房費+光熱費-ソーラー売電=ゼロ、すなわち実質消費量は年間冷暖房負荷

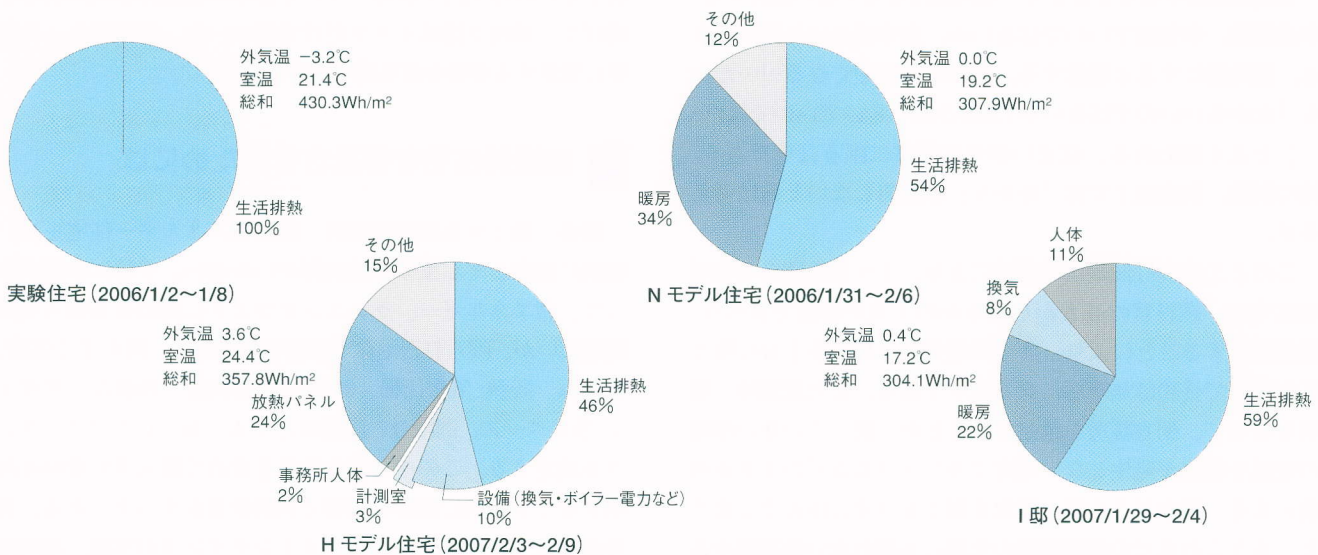


図7 最寒日を含めた1週間の各住宅の暖房エネルギーの平均値から表した用途別エネルギー消費の比率

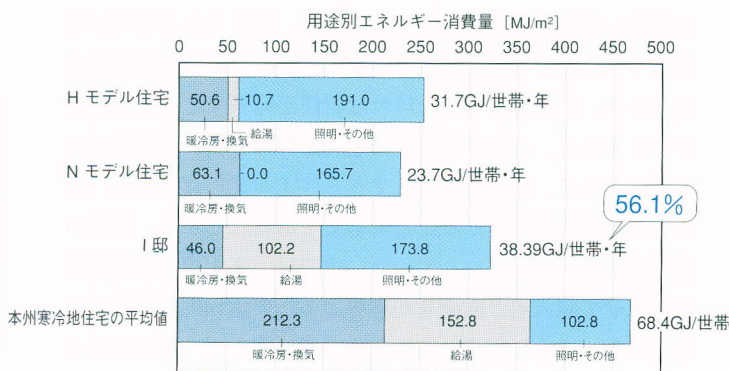


図8 用途別エネルギー消費量

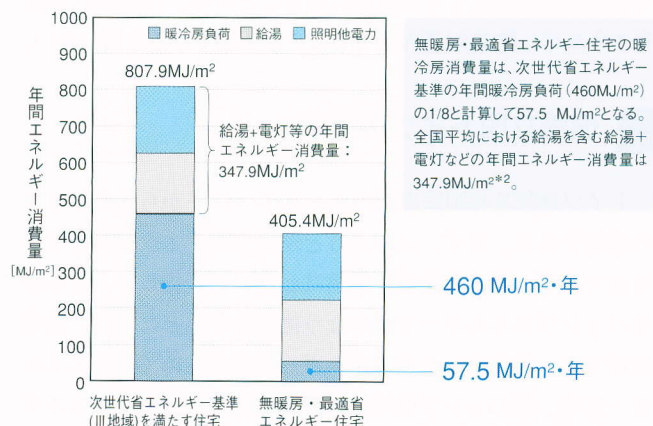


図9 次世代省エネルギー基準を満たす住宅の推定総消費量と無暖房・最適省エネルギー住宅の推定総消費量の比較

と光熱費の合算である。

これに対して、今回計測した無暖房・最適省エネルギー住宅は、年間冷暖房負荷の80%程度で冷暖房+光熱費がまかなえる実績がある。したがって光熱費ゼロエネルギーハウスは、Ⅰ～Ⅲ地域では余り期待できないはずである。図9に全国平均の照明、家電、給湯などの光熱費(全国的にあまり変わらない)に無暖房・最適省エネルギー住宅の冷暖房費(ここではⅢ地域の年間冷暖房許容値460MJ/m²・年)を加算した年間総消費エネルギーと光熱費ゼロエネルギー住宅のものを比較して示す。Ⅲ地域で光熱費ゼロエネルギーハウスに比べて、無暖房・最適省エネルギー住宅では総消費エネルギーで推定50%の省エネルギーとなり、結果として大幅なCO₂の削減となる。

では、信州でより無暖房・最適省エネルギー住宅を実現する条件を挙げると、①断熱・気密性能は次世代省エネルギー基準(Ⅰ地域)の2倍以上の性能を有する仕様にする。②開口部、扉は高性能な部材を使用する。③確実な断熱・気密施工技術の確立、現場での検査体制、検査証明する新たな組織の設立が必要である。

上記を阻害することとして、北海道ほど寒くない長野では、中高断熱、中気密でいいではないか。家中暖かいと体がなまる。高気密にすると窒息する。木の寿命が短くなる……だから「なからいいのではないか(大体このくらいでいいでは)……」とよく使われる。住まい作りに非常に困る言葉である。特に断熱、気密施工では「なから」は通用しないと私は考えるが。

このところの灯油価格の高騰により、Ⅰ～Ⅲ地域の全室暖房住宅は、燃料費の高さから何らかの工夫が必要であろう。断熱強化することにより、冬季の晴天時は日射を十分に取込む工夫で昼間は無暖房になるはずである。また就寝時に暖房を切って、朝方暖房を起動させるとか、使っていない部屋の室温を結露が発生しない程度で少し下げるなどの工夫が可能となる。家中どこも同じ室温を保てる住宅に住んでしまうと、もうこれまでの局所採暖の生活にも戻れない快適感があることは、体感してみないとわからないのが、快適である。今後高齢者が増えてくる社会になることから、「無暖房・最適省エネルギー住宅」は普及させることが大切であると言いたい。

環境立国ドイツの戦略

ドイツ連邦共和国領事館のホームページ^{*3}から見たドイツの感想である。まず、はっきりと環境立国ドイツと掲げている点である。原子力発電を新造はしないと公約して、あらゆるパッシブエネルギーでまかなう挑戦をするとともに、住宅政策では、義務化した省エネルギー基準を定めて①低エネルギー住宅、②パッシブ住宅、③無暖房住宅、④ゼロエネルギーハウス、⑤プラスエネルギーハウスと定義している。そして省エネルギーに努力する住宅に手厚く助成する政策がとら

れている。実際には日本に比べて新築住宅数は少なく、既存住宅に積極的に適用して、長寿命にしていることである。さらにこのような技術を国策として売り込む意欲が感じられる。また政治的にもEUの代表として、世界に向けて低炭素社会へのイニシアティブをとろうとすることを戦略的に行っていると感ずる。

今回の成果は、ドイツの住宅レベルではせいぜい②か③のレベルである。一方、日本はCO₂削減技術に高い技術を持っているにもかかわらず、世界に向けて発信しない化石と揶揄される状況である。実際、首相官邸、経済産業省、国土交通省、環境省などが、それぞれ200年住宅構想の長寿命住宅、環境共生住宅、自立環境型住宅、ロ・ハウスなどの政策を掲げているが、いずれも補助政策であり、いつのまにか消えてしまうことを私は実感してきている。すなわち一体になった戦略がないといわざるを得ない。もっとはっきり内外に国家政策を示して積極的に世界に発信することがどうして出来ないのだろうか。当然⑤のプラスエネルギーになる技術力は十分あると思うが、今のままでは難しい局面を突破しなければ実現しないのは明白である。今こそ日本の積極的な政治戦略を掲げて、環境立国はドイツだけではないと、日本はもっと世界に発信する姿勢を打ち出すべきである。

無暖房住宅を普及させるためには

販売、施工する側が無暖房・最適省エネルギー住宅を高い価格に設定してしまうのは納得がいかない。予算に余裕があって、省エネルギー、ランニングコストに関心ある購入者は問題ないが、限られた予算で希望する場合は、例えば①基礎、骨組み、断熱・気密仕様、計画換気②内装、外装などデザイン③スペース、間取り、設備などでA、B、Cのコストランクを設定する。この中で配分比率を決めて購入者の意向を反映させて予算内に収める姿勢で共同作業をすべきである。長寿命な住宅にするためにも、メンテナンスの実施、増改築に対応する技術の確立が不可欠である。

これからは、無暖房住宅などかエネルギーゼロ住宅などと広告して性能が出ない住宅となると、訴えられる事例が増えてくることが予想される。いまこそ性能の正確な表示が必要であり、表示どおりでなければ責任が発生することを自覚すべきである。これがなければ建設業界の発展、展望はないと私は考える。安心して購入できる住宅産業の育成には、購入者の意識改革をさせることも必要である。しかし、現状の住宅性能は、はっきりしていない中では、まず原価の透明性を持たせて購入者と販売者が理解しあって信頼関係を持つことである。さらに住まい方の工夫で省エネルギー可能であるなどの啓発が必要であるし、そうしなければ建設業と購入者とが対等の立場での話し合い、契約することはありえないであろう。

次世代省エネルギー基準の改定について

I～III地域の世帯数は、全国4700万世帯の20%程度である。しかしながら、年間の総消費エネルギーの内、冬季の暖房費は人口集中の東京が総消費エネルギー25%であるの対して、北海道は61%、東北は47%、北陸は38%、信州は東北と北陸の間に入るであろう。すなわち世帯数が20%程度のマイナーな地域は冬季の暖房費の総消費エネルギーに占める割合が多いのである。しかも世帯あたり東京の平均が46GJに対して、76、65、62GJ/世帯とI～III地域でのエネルギー消費が多い現実がある。当面の京都議定書のCO₂削減を達成させる政策として、80%居住している地域においては、外皮の断熱強化より給湯、照明、家電エネルギーの高効率な設備、低消費照明、家電に取替えを促せば達成の見込みが立つと見ている。断熱強化は重視しなくても確かに給湯、冷暖房設備、照明、家電機器の取り替えにインセンティブを与えると省エネルギーが進み達成できると試算されている。しかし、持続可能な、自然循環型住宅、環境共生住宅、長寿命住宅(200年住宅構想もある)といった政策がある中で、CO₂削減のためとはいえ、あまりにも拙速な改定ではなかろうか。新築住宅はここ数年減少して年100万世帯であるので、既存住宅数の2%強の新築、建替えであり、いくら断熱強化をして、高効率な設備、低消費家電にしても期限内の達成は無理なことはわかる。しかしながら長いスパンで考えると、結局はコスト競争による従来の27年の短寿命の住宅が新築され続けるだけになってしまうのではないかと懸念している。まったくこの改定は付け焼刃の政策でしかないとは私は考える。さらに小さな政府による地方の自立を促す方針は一体どこでなくなってしまったのか。住宅は地域に密着したものであり、地域に任せて世代を超えて使い続ける長寿命な住宅作りをする方向に舵を切ることが、根本であろう。総消費量に対する暖房費の占める割合の大きいI～III地域こそ、断熱強化を重視すべきであろう。そのためには住宅性能の表示義務と確実な検査体制と十分な補助制度を確立させて、普及を図ることが地域の活性化となり、地域格差解消につながるのではないかと。

住宅は千差万別な工法がまかりとおり、それを規制すべきではない。しかし、長い観点から見ても今こそ真摯な気持ち

で先進性のあるゼロエネルギー住宅の工法を開発して、工法を公開する研究会、組織に対して、長寿命な観点での工法を厳密に審査して国と自治体の折半の補助制度ではなく、優れた工法には全額補助とすべきである。特に⑤のプラスエネルギー住宅になる工法施工技術を開発して、公表する方式をとって真のゼロエネルギー住宅建設の底上げをする時期になっていると考えるが、今後のより優れた政策を期待したい。

なお、この計測、結果について日本建築学会大会*4、日本建築学会技術報告集*5、空気調和・衛生工学会*6で発表している。さらにデータを精査して発表していく予定である。

I～III地域を見捨てる政策は絶対反対である。多様性の中に、特段にI～III地域に手厚い政策が必要である。また、I～III地域自体も、地道な消費者、建設業者、地方自治体が真剣に取り組むべきである。

あとがき

現状の住宅政策についてのコメントは一研究者の独断的な考えと見える面もあるが、私自身は無理なことは考えていない。部材数から見ると自動車産業より一番多い産業で、大量生産でない一品製品である特殊性もあり、さらに地形、気象、土地、地域性がある条件下での住宅は、公共設備の普及度合い、利便性、建物景観の違いなど挙げればきりが無いほどであり、一つとして同じ建築ではない。それをどうすればいい方向に進めるかは、解決方法の一つだけに集約できるはずが無いことを十分承知してのことである。TVの報道で北海道の高齢者で年金暮らしのおばあさんが、灯油を節約して外気温-4℃のなか、4℃の室内で暮らしている現実を見ると、確実に灯油、ガソリンの高騰の影響が弱者に及んでいる。住宅は社会資産であるといった考えはどこにあるのだろう。このままでは、補助申請、しかも全額で無く一部の補助制度では住宅産業は疲弊していく。地域性を重視して活性化を進めるにはどうしたらよいのだろうか。私には総合的にまとめる力は無いが、改善の方向に進むことを期待したい。研究室の学生諸君、地元の熱心な業者、理解してくれる研究者、研究会の声を私なりにあらわしたことであること、および掲載の機会を与えてくれました本誌を付記して、謝意を表する。

引用文献

- *1 村上周三、坊垣和明、他；全国の80戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量、日本建築学会環境系論文集、No.603、2006年5月
- *2 ECCJ省エネルギーセンター / 省エネルギーデータ2003年版 / 2.2家庭部門のエネルギー原単位の推移
- *3 大阪・神戸ドイツ連邦共和国領事館

- 発行「環境先進国ドイツ」
- *4 日合絢乃・森川健太・山下恭弘、他；長野市内信州大学キャンパスに建設した高気密高断熱実験住宅 その1～5、日本建築学会、2006年度大会(関東)、学術講演梗概集
- *5 日合綾乃、山下恭弘、他；長野市信州大学キャンパス内に建設した暖房負荷ゼロを目指した実験住宅の通年

- 計測結果の考察、日本建築学会技術報告集、第13巻第25号、207-211、2007年6月
- *6 日合絢乃・森川健太・山下恭弘、他；断熱性能を大幅に向上させた建物の省エネルギー性能に関する研究 その1～4、平成19年度 空気調和・衛生工学会大会(仙台)