

■ 第7回 「木の家づくり」から林業再生を考える委員会

電力抑制社会の住宅＝ベースとなるのは「自然室温で暮らせる家」

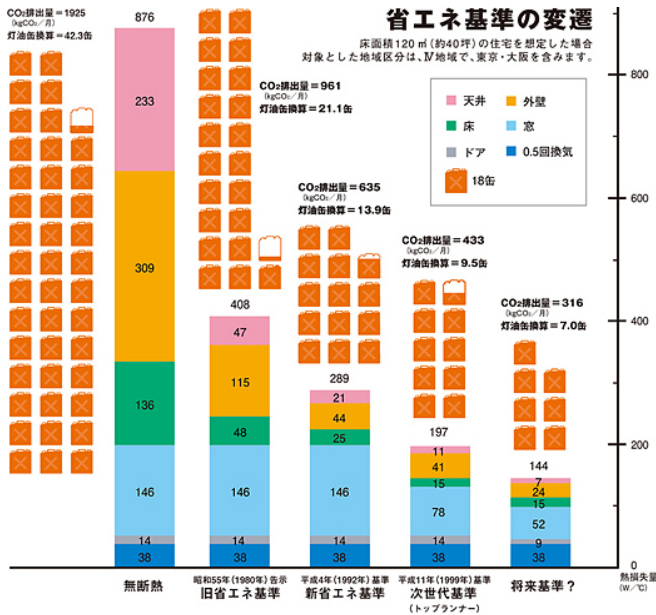
報告者／小池一三（町の工務店ネット）

はじめに

今回の震災は、地震、津波と共に、原発事故の影響が大きく、今夏の電力事情とも絡んで、住まいのエネルギー問題が急浮上しています。自然エネルギー利用を促進するためにベースとなるのは、機械的な空調に依存しないで過ごせる「自然室温で暮らせる家」です。その条件と可能性について報告します。

断熱材変遷史

このグラフは、国家戦略室の要請を受け、2009年12月末に官邸で開かれた「成長戦略発表会」においてパネル展示したものです。



このグラフで分かることは、1980年に制定された「省エネルギー基準」を起点に、この30年の間に、日本の壁の中で起こった劇的変化です。下の写真に見るように、住宅の温熱環境だけでなく、断熱化によって、居住空間そのものが大きく変化しました。



(大分・府内町家 設計/趙海光 施工/日本ハウジング 国交省・木の家モデル事業)

住宅の断熱化はドイツなどの高級車に似ていて、冷暖房のスイッチを入れると暖まり、また冷えます。性能の悪い車は、いくら暖房しても冷房しても効きが悪く、それは住宅でも同じことがいえます。ただ、高級車であっても、冷暖房のスイッチを止めると、たちまち外界の影響をてき面に受けてしまいます。何故、そういうことになるかといえば、高級車といえども「熱容量」が小さいからです。最近の高級車は遮熱塗料が塗布されていますが、それでも外界の影響から免れません。住宅でも同じことがいえて、断熱・気密化が進んだとはいえ、冷暖房機器が働かないと外界の影響を受けてしまいます。

住宅の高断熱・高气密化は、北海道に始まり南下しましたが、それによって室温環境の機械依存がかえって高まった、と評する学会論文も発表されています。高断熱・高气密の住宅は、夏の日射が流入すると留まって、なかなか抜けません。

また、熱容量の小さな断熱材を屋根断熱に用いると、時間差をおいて、輻射熱になって室内に流入します。夜になって、外気温より室温の方が暑い家が増えているのは、屋根と西日による「時間差攻撃」が原因です。

少し前までの日本人は、自然室温+小さなエネルギーで過ごしていた

1970年以前には、空調設備のある家は少なく、夏には窓を大きく開け放って通風で涼を得、また冬には板戸、襖などで間仕切り、部屋を小割にして、自然室温をベースにして過ごしていました。「暖」はストーヴ、火鉢、コタツなど、「涼」は団扇や扇子、扇風機、打ち水など、小さなエネルギーを用いて暮らしていました。

都市に人口が集中し、ヒートアイランド化が進み、夏の都市の温度が上昇し、そのため導入された空調機器などによって、機械依存が極度に進行しました。

昨年、熱中症で亡くなった人は、1648人を数えます。

原発事故によって電力抑制が強いられ、今夏をいかに過ごすかが大きな課題となっています。かといって、昔の生活に戻るのには容易ではありません。節約、ガマンにも限界があります。「自然室温で暮らせる家」が待望されるユエンです。

「自然室温で暮らせる家」のポイントは、「熱容量」にある

日本の住宅の壁は薄く、熱を蓄える建築部位（あるいは素材）は、今の家に見当たりません。このため、外界環境は時間差をおかずに室内へと流入します。これは、日本の家の温熱環境が、直接・間欠冷暖房に依ってきたことに由来します。

間接暖房を旨とする、北ヨーロッパのあり方と大きく異なるところで、間接暖房は「熱容量」の大きさを前提とします。ドイツで、レンガをタテ方向に2枚（50%）用いた家を見掛けますが、彼らの「熱容量」へのこだわりを感じさせるに十分な話です。

日本の住宅にも、かつて熱容量のある建物がありました。一つは土蔵であり、今一つは茅葺の家です。土蔵が座敷牢に用いられたのは、いちいち火気を持ち込まなくても「自然室温」で過ごせたからです。

また、茅葺は屋根そのものが巨大な断熱空気層であり、夏の日射は夜半に至るも室内に到達せず、夜間放射冷却によって暑い熱は宇宙に戻され、屋根からの輻射熱の流入がありませんでした。窓を大きく開ければ風が通り、夏は「自然室温」で過ごすことができました。ただし冬は、雪囲いなどの工夫がみられましたが、寒さに対しては弱い建物でした。多層建具で間仕切り、小さな部屋にこもるのが一番でした。

日本の冬は、北ヨーロッパのパリやベルリンの寒さを強いられ、夏は熱帯地方のジャカルタやバンコクの暑さに見舞われる国です。北ヨーロッパの住宅の温熱環境は、冬対策で済みますが、日本の住宅は冬と夏の両方に応えなければなりません。

日本（本州以南）では、「家の作りやうは、夏をむねとすべし。冬は、いかなる所にも住まる」（『徒然草』第五十五段）と考えられてきました。

高断熱・高气密化は北海道で開始された技術であり、夏対策の視点が弱かったと思慮されます。機械に依存すれば、高断熱・高气密住宅は有効に働きますが、今夏のような電力の抑制が強いられ、また今後、電気代のアップも予想されるとしたら、もう一度、夏対策に目を向け、昔のように自然室温で耐えられ、足りない分を小さなエネルギーで満たせる家を造らなければなりません。

「熱容量」を持った、高密度な木繊維断熱材

北ヨーロッパで最近用いられることが多くなった断熱材があります。高密度な木繊維断熱材です。（現物見本を用意しましたので、ご覧ください）

この断熱材は、高密度で、ある厚みを持ち、「熱容量」の大きさに特性があります。

私は、これを手にしたとき、彼らの「熱容量」へのこだわりが生んだ断熱材だと思いました。木繊維断熱材は、日本にも北ヨーロッパのエコ製品のひとつとして輸入されており、ドイツの会社とライセンス契約を結んで日本で製造されているものもありますが、低密度なものに限られています。日本市場を考慮したため、グラスウールの代替品を思わせるものになったのではないかと、というのが私の見立てです。

また高密度なものは断熱材を兼ねた薄い壁材にとどまり、製品パンフに熱容量の高さは記されているものの、それを住宅の温熱環境に活かす視点が不十分で、建築的に生かされた事例は、わたしの知る限りありません。この素材だけが持つ、本来的な意味と価値、材料特性の把握が弱いからだと思われまます。

日本人は部屋の空気を暖め、北ヨーロッパ人は建物を暖めるといわれます。

直接暖房か間接暖房かという、彼我の住文化の違いが、この相違の背景にあります。

エアコンメーカーの宣伝文句に、「瞬間60℃暖房」というコピーがありましたが、日本では、いかに瞬間的に部屋を温めるか、冷やすかをテーマに取り組みされてきたのです。

北ヨーロッパの暖房が、ふぁ〜とした暖かさで包むのに対し、日本のそれは過刺激的な、いわば一気飲みのようなやり方が支配的でした。

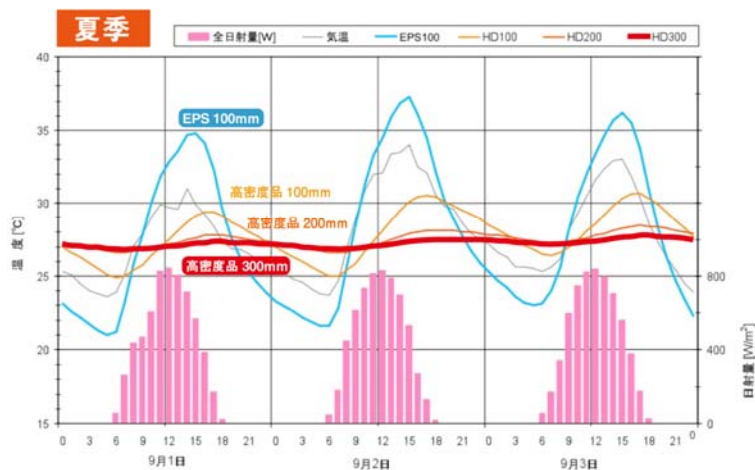
北ヨーロッパの家では、体感温度の6割くらいを輻射熱から得ているといわれますが、それは、「熱容量」が大きくないと間接暖房が働いてくれないからです。彼らは「熱容量」で得られる快適が身体に染み付いているが故に、断熱材にも「熱容量」を求めたのに対し、日本では、空気を冷暖房する機械的手法が肥大化したのです。

住まいの熱容量は、パッシブ建築では「熱の三要素」とされますが、それでも断熱材と熱容量を結びつける視点はなかったように思います。

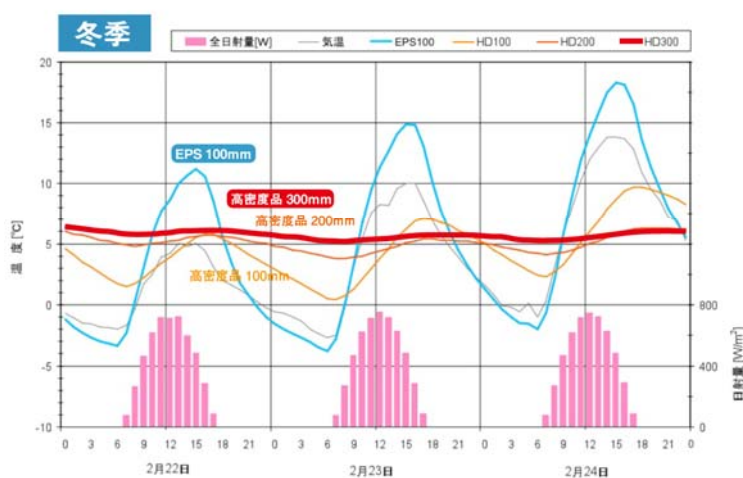
この視点を得たのは、わたしの友人である一人の熱解析研究者が、コンピュータで断熱材を比較解析しているときに、木繊維一般ではなく、密度の違い、厚さの違いなどによって予想以上の数値が出たことがきっかけでした。昨年暮れに、この話を聞き、それから一緒に検討を重ねてきました。

日本の夏は、地域によって異なりますが、人口が集中する4地域以南で、「熱容量」を持った断熱材を用いた場合どうなのか、この研究者がコンピュータ・シミュレーションした結果を見ていただくことにしましょう。

木質繊維板の箱内温度（厚さによる比較）



木質繊維板の箱内温度（厚さによる比較）



断熱材の性能比較

木質繊維板の熱物性（55kg品）

	EPS	LD100	LD200	LD300
厚さ(mm)	100	100	200	300
密度(kg/m³)	28	55	55	55
比熱(W/m°C)	10	32	32	32
熱伝導率	0.04	0.04	0.04	0.04
熱容量(W/m²C)	1	3	6	9
遅延時間(hr)	1	2	7	12

遅延時間:上面の温度変化が下面に到達するまでの時間

計算ソフト WinTDH

木質繊維板の熱物性（100kg品）

	EPS	LD100	LD200	LD300
厚さ(mm)	100	100	200	300
密度(kg/m³)	28	100	100	100
比熱(W/m°C)	10	58	58	58
熱伝導率	0.04	0.04	0.04	0.04
熱容量(W/m²C)	1	6	12	17
遅延時間(hr)	1	3.5	9.5	15以上

遅延時間:上面の温度変化が下面に到達するまでの時間

計算ソフト WinTDH

木質繊維板の熱物性 (160kg品)

	EPS	LD100	LD200	LD300
厚さ(mm)	100	100	200	300
密度(kg/m ³)	28	160	160	160
比熱(W/m ² C)	10	93	93	93
熱伝導率	0.04	0.04	0.04	0.04
熱容量(W/m ² C)	1	9	19	28
遅延時間(hr)	1	4.5	12	20以上

遅延時間:上面の温度変化が下面に到達するまでの時間

計算ソフト WinDII

※ この解析結果は、シミュレーションを担当した研究者自身、ある程度見込んでいたものの、衝撃的な数値であったようです。この研究者は、長らく断熱材の研究開発に携わり、住まいと熱の熱解析の分野で40年を超えるキャリアを持った人です。

自然室温グレードを問題視する

日中の2～3時にピークに達した屋根温度は、「熱容量」の少ない断熱材では、すぐに室内に到達していることが分かります。これに対し、高密度な木繊維断熱材を厚く用いると、グラフに見るように緩和され、茅葺屋根と同じように、途中で夜間放射冷却によって外界に戻されることが分かります。

この計算は、材料単体を1坪ボックス(1.8×1.8×1.8)の6面全てに用いて施工したときに、箱内の温度はどうかを示したものです。特殊解のものなので、そのまま実際の住宅に当てはまるものではありませんが、それによって、材料単体の特性を正確につかむことができます。

この材料特性を生かし、開口部の夜間断熱(冬)や日射遮蔽(夏)、通風や換気経路など、さまざまな建築的工夫を取り込むことにより、冷暖房機器に頼らないで、よりよい温熱環境を実現することが可能となります。これを実際の住宅に活かすためには、日本各地の気候、風土、個別の土地・建物要件、寒さ・暑さに対する住まい手の感じ方など、さまざまな要素を踏まえて設計し、また実施例の実測検証を重ねなければなりません。

また、実際の設計では、冬の日射取り込みと、夏の日射遮蔽をいかに行うかが、極めて重要です。私たちは、冬の日照確保のために活用されている日影図プログラムを、夏にも利用し、建物にあたる一日の日射推移として表わす作業を行っています。それによって、緑のスクリーン・パーゴラ、庇やオーニング、ブラインドや簾などを用いた、いろいろな夏対策アイテムが生まれつつあります。

室温グレードは、限界室温/冬=10℃以上、夏=35℃以下(暖冷房を必要とする住宅)。許認室温/冬=12℃以上、夏=33℃以下(ガマンして過ごせる住宅)。許容室温/冬=15℃以上、夏=30℃以下(まずまず住むに支障のない住宅)。快適室温 /冬=18℃以上、夏=27℃以下(快適に過ごせる住宅)といわれます。

快適範囲の定義は、ET、PMVなど温度と湿度、気流、着衣量、年齢、性別、食事などの組み合わせによって異なりますが、「熱容量」を持った断熱材を用いることにより、自然室温で「許容室温」まで高めることが可能になる、というのが、この報告の骨子です。

建築側がやるべきことは、「自然室温で暮らせる家」の内容を、まずユーザーに示すことです。今、建築側に問われているのは「自然室温グレード」ではないでしょうか。

「自然室温で暮らせる家」から、さらに「快適室温の家」へ

建物本体で「許容室温」がベースとなれば、小さなエネルギーで、さらに「快適室温の家」へと高めることが可能となります。

夏の涼しさは、温度だけでなく気流が重要ですので、パッシブ建築手法と、押し込み式換気（第2種換気／壁一体型ソーラーが開発されている）を組み合わせることによって、室内の空気を動かし、気流を生み出します。伝統的な住まい方に学び、パッシブ建築手法（小さな建築的な仕掛け・道具）によって、快適を得ることができます。

また、エネルギー消費を伴いますが、省エネ・エアコン空気を床下に流し込み、それを押し込み換気でプラス圧を掛け、室内に移送する方法も特許考案しています。すでにこの手法は実例を見ており、一台のエアコンで全館（120㎡程度まで）を冷暖房する節電技術として注目されています。

この住宅では、夏と冬のモードの転換は、住まい手が自ら行います。それは自然と応答することで「快」を得てきた、日本の住まいのアイデンティティを意味します。

夏の住まいの快適性を考える上で、もう一つ重要なことは湿度の問題です。

木の家は、材料自体が呼吸しているので住み心地がいいと言われてきましたが、住宅の高断熱・高气密化が進む中で、壁体内結露が問題視され、防湿シートが張られるようになり、壁自体の吸放出性が得られなくなりました。珪藻土など土壁回帰の流れにあります。かつての土壁と異なり、壁表面しか期待できません。



（プレアハウス・冬モード・イメージイラスト／作成・河合俊和）

材料特性

高密度な木繊維断熱材は、次の特徴・特性を有しています。

① 断熱性能と熱伝導率は $0.038\text{w}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ＝単体性能はグラスウールと同程度とされますが、隙間なく施工できるため、結果において性能アップがはかれること。②先に述べたように、熱容量が高く、熱緩和特性を持った素材であること。③防音特性・遮音特性＝音源89dBによる防音実験では、グラスウールは78dB、木繊維断熱材は58dBに。④防火特性＝表面が炭化するため、中まで火が浸透する性質。酸素指数26.5。⑤調湿機能＝水分吸収機能17%。これはグラスウールの5.6倍に相当する。⑥室内汚染＝100%自然素材であり、ホルムアルデヒド（放散速度）、VOC（放散量）とも、基準値以下。⑦労働安全性＝化学物質を含んでおらず、またグラスウールのように施工中にチクチクしません。⑧環境貢献性＝製造時に廃棄物を出さず、解体時にリサイクルが可能であり、処分する場合にも大地に還ること。

高密度な木繊維断熱材は、上記に見るように、高い調湿機能を持っています。寒冷地はともかく、高温多湿の地域では試験を行い、その効果と問題点を検証したいと考えています。防火・防音・遮音・その他の面でも、材料の物性把握を急ぎ、住宅総体として居住水準を上げられるよう努める事とします。

設計・建築・実験・実測検証

町の工務店ネットでは、この方式によるモデル住宅・モニター住宅を、プレアハウスA(PL EA=PASSIVE AND LOWENERGY ARCHITECTUREの略)と名づけて、日本全国に300戸を目標に建築します。

壁は防火認定等のクリアを必要としますので、当面は屋根断熱のみにこれを用います。モデル・モニター案件では、かつての茅葺屋根を思わせる300mmの厚さで葺く予定です。茅葺屋根の厚さは、日本人ならピンと来るものがありますが、それを美しい屋根デザインとして納めるには設計が重要です。

都市景観に調和し、現代生活にマッチしたデザインでないと広く普及しません。このため私たちは、7人の建築家による「チームおひさま」を結成し、モデル案件の設計を進めながら、設計ノウハウの集積を行っています。

次に、建築された事例を正確に実測検証し、学会論文などで発表し、オーソライズ化しなければなりません。今回、東北大学の吉野博教授と共同で、東北大学構内に実験棟を設置し、また実施例の実測検証のための準備を進めています。

日本は南北に長く、気候特性が異なりますので、この実測検証は全国各地で行わなければなりません。建築は各地の町の工務店がこれを担い、実測検証については、吉野研究室と、各地の大学研究機関の協力を得て、これを押し進めたいと考えています。

「林業再生」の「出口戦略」として

国内でこの断熱材を用いるには、現況、輸入材を用いるか、または薄いものを何枚か組み合わせるしかありません。

しかし、断熱材は空気を運ぶに等しいことですので、日本の木を用いて製造するのが、輸送から発生するCO₂を回避するためにも、また、「成長戦略」として位置づけられる「森

林・林業再生」の「出口戦略」のためにも必要なことです。

木材生産から発生する木片、樹皮、木屑などは膨大にあり、バイオマス発電やペレット生産、パルプ材等だけでなく、付加価値の高い断熱材に利用することは、地域経済のためにも必要なことです。

木繊維断熱材は、日本に昔からあるよ、といわれます。けれど、それを熱容量ある材料として再発見し、建築に徹底的に利用した例はないように思われます。

わたしは、これを日本で製造すべきと考え、有力な製材会社と話し合いを深めていますが、まだマーケットが形成されていませんので、多額な投資に見合うだけのマーケットの創出が先決です。

この夏は、日本にとって特別の夏です。

日本の現代文明が問われ、暮らし方、生き方が問われ、新しいパラダイムをいかに構築するかが問われています。

住宅業界も例外ではありません。