



# 木毛繊維断熱板で外断熱を行った 高気密・高断熱住宅

お茶の水女子大学名誉教授 田中 辰明

## はじめに

40代後半の夫婦のみの家族のために建設された住宅である。2015年5月初旬に着工し、同年12月初めに竣工している。東京都武蔵野市に建設された。1階床面積は53.61㎡、2階は51.26㎡の木造2階建て住宅である。前面道路が狭く、工事車両の進入に困難が見られた為に2×4木造枠組み工法が採用された。

## 1 採用された主な建築的省エネルギー工法

主に硬質の木質繊維断熱板(写真1)を使用し、屋根、外壁、床の断熱を行った。外壁はいわゆる湿式外断熱工法である。木毛繊維断熱板はRC建築における湿式外断熱工法と同様に直接建物躯体に接着モルタルで張り付ける事ができる。その際に胴縁などを必要としない。ここでは70mmの金物で接合している。木毛繊維断熱材自体も建材試験センターでの防火認定を取得している。断熱材を廃棄する場合も、そのままバイオマス燃料にすることも可能であるし、そのまま裁断し、肥料として使用する



写真2 モルタル層のひび割れ防止の為、耐アルカリ性グラスファイバーメッシュの貼り付け



写真1 外壁への木毛繊維断熱板の張り付け、水切りは十分な幅を必要とする

ることも可能である。木材の使用は他の多くの建築材料が使用済になった場合に産業廃棄物になるのに対し、地球に戻す事が出来る環境にやさしい建築材料である。工法として木造外壁の上に木毛繊維断熱板を接着モルタルで張り付け、その上にさらに接着モルタルを塗布している。木毛繊維断熱材は合決り継で、上塗り仕上げ前に降雨にあっても水分が内部に浸み込むことはない。表面の薄い接着モルタル層はそのままではひび割れが入る。その防止に耐アルカリ性のグラスファイバーメッシュを挿入している(写真2)。このグラスファイバーメッシュはモルタル層の表面近くに入れる必要がある。この上塗り



写真3 薄く接着モルタルの上塗り

接着モルタルの上をブツと呼ばれる仕上げ材をこて塗りして断熱工事を終了する(写真3)。建物隅角部は自転車ハンドルなどの接触により損傷する恐れもあるので、既成の合成樹脂製保護材を使用し損傷の防止を図った。屋根部分も硬質木毛繊維断熱板を用いて断熱している。この断熱材の熱伝導率は $0.040\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ で、密度は $110\text{kg}/\text{m}^3$ である。文献6)

よく住宅の断熱に使用されるガラス繊維断熱材は熱伝導率が $0.038\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、密度は $24\text{kg}/\text{m}^3$ である。これに対し木毛繊維断熱板は夏季には熱容量のある断熱材であるので、相当外気温度<sup>註1)</sup>に対し、室内への影響はピークの量的減少と時間遅れが大きく生じることがこの断熱材の特徴である。文献6)断熱材の厚さが厚い事から条件が悪いと壁内結露を起こす可能性もある。この対策として建物躯体と木毛繊維断熱材の間に調湿気密シートを挿入した(写真4)。この調湿気密シートとは相対湿度によりシートの子分子構造が変化をするものである。冬季に室内



写真4 壁内結露防止のため調湿気密シートの貼り付け文献1)

側の水蒸気圧が高い時には分子構造の変化で微細な穴がふさがり、室内の水蒸気を壁体内に侵入させない。また夏季に壁体内の水蒸気圧が高くなると微細な穴が開き、水蒸気を室内側に逃がすものである。このシートの水蒸気透過性の変化は60倍の幅がある。この事により、建



写真5 夏季の日射による室内過熱防止のための外ブラインド

物躯体内の水蒸気調節が行われ、壁体内に結露が生じる事を防止している。<sup>文献1)</sup>

この調湿気密シートの挿入に関しては熱と湿気の同時移動非常計算プログラムWUFI<sup>文献2)</sup>(ドイツ・フラウンホーファー研究所が開発)を使用して検証をしている。

外断熱工法は断熱工法の基本であると考え、我が国ではまだ普及がおぼつかない。それどころか、外断熱を批判する書物も世の中に出回っている「夏季に過熱状態になる」などの理由を挙げているものが殆どである。開口部から日射が室内に入った場合、室内が過熱するというものであるが、高断熱、高气密の建築では当然のことである。我が国のように蒸暑の夏を持つ地域では日射が室内に入ることを防止するために遮蔽する装置が必要である。かつては庇で日射が室内に侵入することを防いだ。仮に庇で日射を防いでも東側や西側は防ぎようもない。この住宅では夏季の日射侵入防止に外部ブラインドを設けている(写真5)。開口部は主に3重ガラス、木製サッシを用い高气密、と開口部の断熱を保った(写真6)。窓下には十分な幅がある水切りを設けて雨水が壁体内に侵入しない配慮を行った(写真1)。水切りの幅が不足すると、水切りの上に積もった雪が融けた場合に外壁内に水分が浸入し壁内を湿潤にする事故となる場合がある。



写真6 木製サッシ使用の高气密・高断熱窓の設置

## 2 暖冷房装置

1階玄関と2階階段を上った場所に本来暖房用に用いていた放熱器を設置している。冬季はヒートポンプ(定格出力7.5kW)で得られた温水を流し、夏季は冷水を流すことで冷暖房を行っている。1階のパネルは縦177cm×126cmフィン幅70mmダブル、2階は158cm×134cm、フィン幅70mmダブルである。夏季に冷水を流すことで、当然結露が生じる。この結露水はドレーン管を通して外部へ排出する(写真7)。このことは筆者が現役であったころ、メーカーと共に実験を繰り返すべく機能することを確認していた(写真8)。写真8は大きなガーゼを用いて、サーモカメラでガーゼの温度分布を撮影し、室内空気の温度分布を推測した様子である。結露水が床にこぼれ、カビが生える事も予測し、その防止方法も研究した。結露により、放熱器に小さな錆が生じたこともあった。これに適した防錆塗料の開発もメーカーにより行われた。その後も冷房の結露にも耐えるようにメーカー側の様々な改善も行われ、すでに実施例も増大しつつある。

この住宅は実験住宅ではないので、放熱器の個々の放熱量計測などということはない。居住は2015年12月中旬から始まった。2015(平成27)年12月～2016(平成28)年8月までの電力消費量と電力料金を表1に示す。1月は温水の送水温度は32℃で室温は23℃に保たれた。2月は室温を少し下げている。夏季の冷房は冷水の送水温度17℃で室温が25～26℃に保たれた。これは少し室温が低いようであるが、居住者がこの室温を最適としているのである。2016年5月は暖房も冷房も行われていない月である。この月の電力消費量は244kWh、



写真7 放射型冷暖房パネルの設置

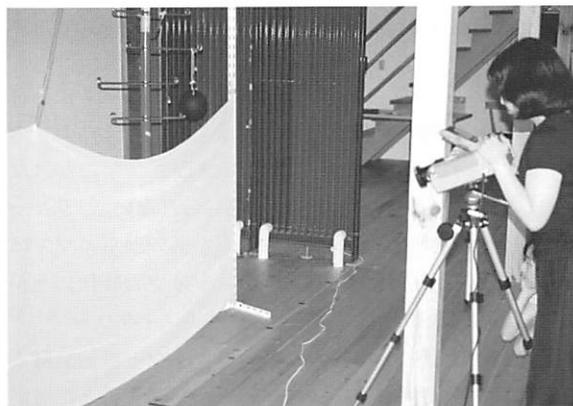


写真8 平成9年に行われた放射冷暖房の実験(実験：お茶の水女子大学) 文献9)

表1 住宅の2015年12月から2016年8月までの月ごとの電力消費量と電力料金

年月	H27/12	H28/01	H28/02	H28/03	H28/04	H28/05	H28/06	H28/07	H28/08
使用日数(日間)	5	33	29	30	32	31	31	29	29
使用量(kWh)	85	495	513	368	318	244	326	393	399
請求金額(円)	2,390	13,880	14,298	9,888	8,275	6,416	8,376	10,147	10,151

電力料金は6,416円であった。これがこの住宅での暖冷房以外の電力消費量、電力料金という事になる。暖房負荷が一番大きくなった2月は電力消費量が513kWh、電力料金が14,298円であったので5月分との差により、暖房に使用された電力量は269kWh、電力料金は7,882円という事になる。一方冷房負荷が一番大きかった月は8月であった。8月と5月との差から冷房に使用された電力量は155kWh、電力料金は3,735円と推測された。多くの住宅ではエアコンで暖冷房が行われている。エアコンは室内を風が動く暖冷房方法である。このパネル式暖冷房は風がほとんど動かない放射に頼る方法なので、快適性に優れる。また室温分布が非常に良いという特徴を持つ。

### 3 換気方法

現在我が国では建築基準法で24時間強制換気を図らないと確認申請が通らない。松屋芭蕉の句に「涼しさを飛驒の工が指図かな」というものがある。ここで、指図は設計図を言う。「飛驒の大工の設計図を見るだけで、自然換気の風道がうまく考えてあり、涼しそうな家である」という意味である。いかに自然換気の風道を上手に設けるかが建築家の腕の示しどころであったが、現在では強制換気に頼らざるを得なっている。建築家も上手に風道を作るなどの思考能力を失ってしまう。この住宅では

ダクトレスの第一種熱交換換気システムを採用した。確かに24時間強制換気に要する電力消費量は微小である(メーカー公称消費電力量：5.61W、エンタルピー交換効率92%)。しかし換気扇は機械である。しかも最近の換気扇はやたらとセンサーがついている。この故障が良く起きる。故障ではないが、隣室の換気扇のセンサーと干渉するという事もあった。竣工後にメーカーは誠意をもって修理にはあたってくれた。しかし修理にあたり、住宅所有者は在宅しなくてはならず、共働きの普通社会にあって、この事は迷惑であった。この住宅で手こずったのは24時間強制機械換気であった。我が国は規制緩和をスローガンとしているものの24時間強制機械換気といった新たな規制が増えているのは困ったものである。24時間強制機械換気もシックハウス症候群防止に良い方法の一つではあるが、他の換気方法の選択を許さないというのは独裁国家でもない日本の法律として如何なるものであろう。これと同様に家庭用火災報知機の設置義務がある。火災報知機はいったん設置すればよいというものでなく点検が必要である。公共建築物では消防設備士の資格を持つ者が建物に入り定期的に点検を行っている。このような点検が家庭用火災報知機にも義務付けられれば、他人が家庭内に踏み込んでくるという事になる。またこれを行わなければ作動しない火災報知器が住宅内に設置されたままになるという事になる。

## 4 塗装

室内は全てシリケート塗料(無機塗料)で塗装した。揮発性有機化合物(VOCs)の発生は全くない。また万一火災が発生した時にも表面が燃え上がるようなことはない。また室内の塗料の匂いも全く感じられない。シリケート塗料(無機塗料)は日本では馴染みが薄いけどドイツでは非常によく使用されている。ナチスドイツの時代に我が国に亡命の様なかたちで来日したブルーノ・タウト<sup>文献7,8)</sup>は色彩の建築家として知られている。タウトは塗装職人が有機塗料を使用した後に神経障害を起こすことに気が付いた。それ以来専らシリケート塗料(無機塗料)を使用するようになった。パウハウス初代校長のヴァルター・グロビウスもデッサウのパウハウス校舎や教師館にシリケート塗料(無機塗料)を使用している。<sup>文献3,5)</sup>

## おわりに

現在では24時間強制機械換気が義務付けられている。この方法に適合した住宅は高气密・高断熱にする必要がある。また高气密・高断熱の住宅に適する快適な暖冷房は本来暖房用に用いられてきた放熱器に夏季は冷水を流し冷暖房を行う方法である。本報に示したように、電力料金も少額で済み、経済的な暖冷房が行われたことを示している。事実建物所有者がこの住宅に越す前は集合住宅で生活していたが、集合住宅での電気料金の方が高かった。一般には集合住宅の電力使用量の方が独立住宅より少ないものである。

この住宅の起工にあたり、近くの神社の神官にお願いし、地鎮祭を執り行った(写真9)。神官は現代の言葉で言うと次のようなことを述べた。『この土地は現在の所有者により使用されている。しかし土地は神様が所有するものであって、人間は短期の間、神から借用して使用するのである。したがって使用が終わり、土地を神に返す際には土地の汚染などがあってはいけない・・・工事の安全、住まう方の安寧を祈る』といった内容であった。この住宅に屋根に太陽電池を設置すればゼロエネルギーハウスを達成することは容易である。しかし神官に論じられたように現在の太陽光パネルは使用済になった場合産業廃棄物になってしま



写真9 2015年5月に行われた地鎮祭

う。このような理由により、敢えて太陽光パネルの使用を控えた。

この住宅のリビングを写真10に、厨房を写真11に示す。



写真10 リビングルーム



写真11 厨房

## 謝辞

この工事を誠心誠意完成させてくださったECOHOUSE(株)(本社埼玉県川口市:松岡浩正社長)に謝意を表す。

## (参考文献)

1. 田中辰明・柚本玲「建築物物理学講座22(周囲の湿度によって湿気の通りやすさが変化するシート)」月刊建築仕上技術2009年1月号
2. 田中辰明・柚本玲「建築物物理学講座24(非定常熱湿気同時移動解析プログラムWUFIの解析例)」月刊建築仕上技術2009年3月号
3. 田中辰明「建築家ブルーノ・タウトと色彩」月刊建築仕上技術2011年4月号
4. 田中辰明・柚本玲「建築物物理学講座16(カビの害とこわさ)」月刊建築仕上技術2008年7月号
5. 田中辰明「環境建築家ブルーノ・タウト」ビルと建築2015年6月号
6. 田中辰明・柚本玲「事例に学ぶ断熱計画・施工の考え方と進め方」オーム社
7. 田中辰明「ブルーノ・タウトと建築・芸術・社会」東海大学出版会
8. 田中辰明「ブルーノ・タウト・日本美を再発見した建築家」中公新書2169
9. 田中辰明・山本直子「温水暖房用放熱器の性能評価装置の試作に関する研究」空気調和・衛生工学会講演論文集(98' 8.5~8.7(札幌))
10. 田中辰明「東京都武蔵野市の高气密・高断熱住宅」空気調和・衛生工学会講演論文集(16' 9.14~9.16(鹿児島))
11. 田中辰明ホームページ; <http://tatsut.org>

## (註)

1. 相当外気温度、Sol-air temperature; equivalent outdoor air temperature 外気温度に日射による熱移動を加えた仮想の温度、実効外気温度ともいう。  
屋根もしくは外壁の日射吸収率とその面への全日射量の積を総合熱伝達率で除し、外気温度を加えたもの。