

平成 28 年度受託研究報告書

繊維系断熱材充填による新しい高断熱工法

2017.3.31

一般社団法人新木造住宅技術研究協議会

繊維系断熱材充填による新しい高断熱工法

1. はじめに

昭和 50 年代初頭、第 1 次～第 2 次オイルショックの最中、北海道では木造住宅に普及し始めた GW 断熱材の厚さを 2～3 倍に厚く施工するようになった。しかし、それにより石油消費が少なくなることもなく、住宅が暖かく快適になることもなく、そればかりか壁内部結露による木材の急速な腐朽が起こり社会問題化した。これに対処すべく、私達は木造住宅の外壁断熱工法に関する実大実験を進め、昭和 58 年に木材腐朽を防ぐための透湿防水シートを用いた新しい通気層工法を提案し、更に昭和 60 年には断熱材の性能を確保する在来木造工法の改良工法を提案した。この工法による住宅は、住宅供給公社の住宅として建設され、一般的な施工の住宅と比較検証され、住宅全体が暖かく快適な空間を実現しながら、灯油消費量が約 2/3 になることが実証され、大きな注目を集めた。

改良工法にはいくつかのパターンがあったが、シート気密工法とボード気密工法に集約された。平成 11 年の次世代住宅省エネ基準にはシート気密工法が取り入れられ、その後の 14 年の改訂でボード気密工法もオーソライズされた。これら二つの工法がその後の普及の中心となるが、若干の問題点を抱えていた。

シート気密工法の問題点は、土台、胴差し廻りの先張りシートが根太の施工より先行しなければならぬため、建て方時の工程手順が変わり、大工が施工に慣れるのに多少時間を要したということである。このため温暖地では、大工や工務店が敬遠したということもあった。もう一つの問題点は、工法上のもので、在来木造工法は外壁に耐力面材を張らず、筋交いで耐力を確保するのが普通だったため、通気シートに風圧が掛かり、防水テープに剪断剥離力が掛かること、及び階間部の室内側気密シートにも同じ風圧が掛かるため、長期的には隙間が生じる恐れがあった。性能を大きく低下する心配はないが、開発者としては気に掛かることである。シート同士のシールや気密テープの使用を最小限に抑えることによって、コスト的には安く施工ができた。

ボード気密工法は、床下地合板を土台に直接打ち付けるために、根太を大入れにする加工手間と、耐力面材を張る材料一手間がコストアップになった。また、1 階の床高が根太の高さ分だけ、従前より下がるため、床高を高く取る積雪寒冷地などでは、基礎高を少し高くする必要が生じ、型枠合板が 3×6 合板では足りなくなるなどの問題も生じた。また、14 年基準で合板などを気密層とすることが認められたが、合板と柱の間に気密パッキンを入れるか、合板の目地に気密テープを貼るか、などが求められた。阪神大震災以降、在来木造でも耐力面材を張ることが普通になり、根太レス工法(剛床工法)の普及で、根太掘り込みの問題もなくなり、在来木造の高断熱工法はボード気密工法が中心となった。しかし、在来木造のプレカットが普及し始めると、壁上部の気流止め木材として半割材を柱間に入れ込む納まりがプレカットのソフトウェアに含まれていなかったため、上部の気流止めの納まりと施工が難しくなってしまった。この問題もやがて、省令準耐火のファイアーストップの納まりをプレカット工場が取り入れたため、この納まりを気流止めとして利用することが可能になった。こうした状況に合わせ、ボード気密工法を新たに工法的に整理し、新しい高断熱工法として世に提案するものである。

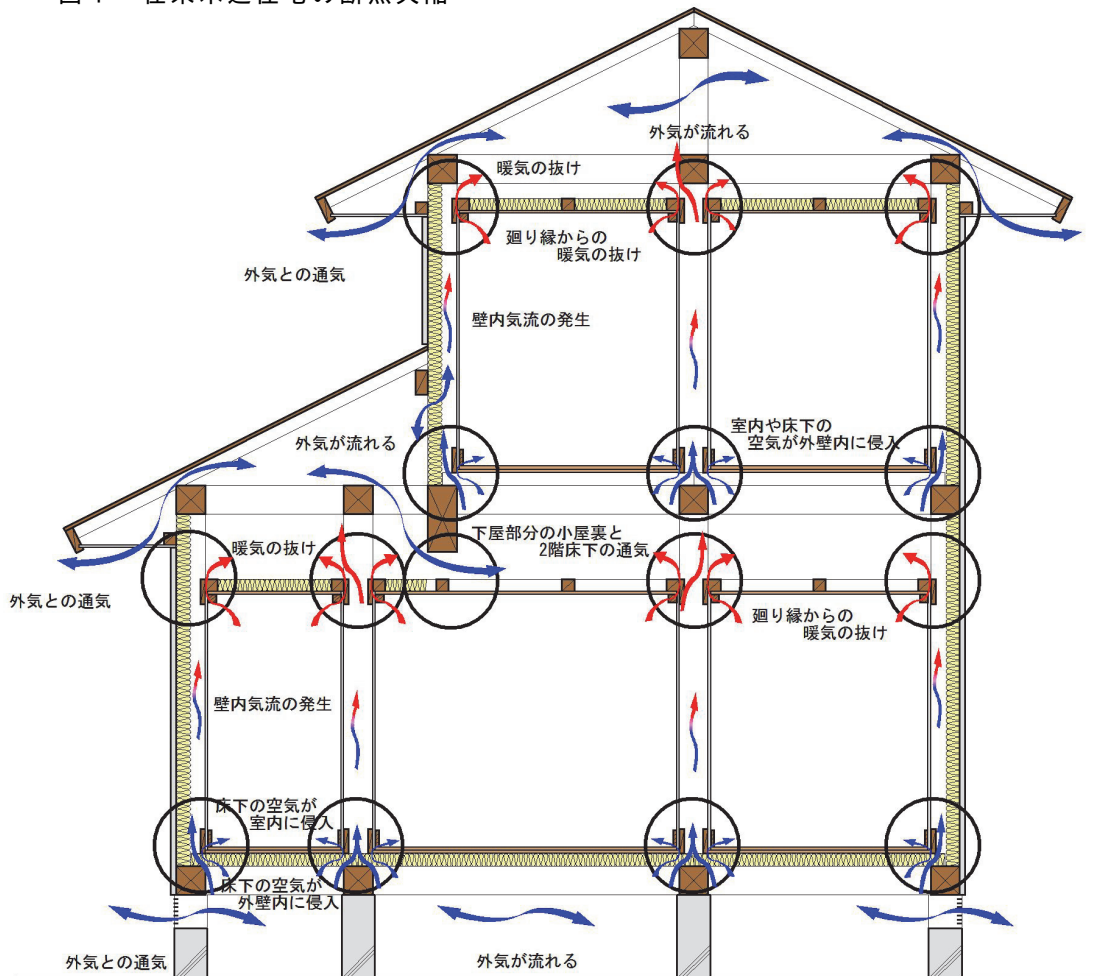
2. 在来木造工法における繊維系断熱材充てん工法の基本

2-1 在来木造工法の断熱上の欠陥

日本の木造住宅の多くを占めている在来木造工法は土塗り壁で造られてきたが、戦後ボード系の工業製品が建材として使われはじめ、間柱工法に大きく変わった。それによってできた壁の空洞部は、その構造上床下と天井裏に開放されている。土台、大引きの上に根太を載せて造る床や天井下地の野縁を小屋梁からつり下げ、壁の横に留め付ける構成、即ち壁勝ち工法となっているためである。欧米系の枠組み壁工法が、床の上にパネル上の壁をのっせる床勝ち工法となっているのと大きな違いである。もう一つ大きな違いが、壁内装ボードを張るために胴縁施工をすることである。薄い合板や石膏ボードを張るための補強と柱や間柱の乾燥過程に生じる不陸を修正するためと云われている。

この空洞部に断熱材としてGWが施工し始められたのは、北海道で昭和30年代末の頃である。オイルショックを経て昭和55年の省エネ法で、日本中の住宅に断熱材の施工が義務づけられた。そのGW施工が、胴縁があったため壁内の外側に押しつけるように施工されたのは必然であった。こうして図1のように、断熱材が施工された外壁には断熱材の内側に隙間が生じ、空洞の間仕切り壁と共に、ストーブ暖房によって室内が暖まり、それにより壁内の空気も暖まりそれが上昇気流となって天井裏に抜けるという現象が生じた。この上昇気流は、床下の冷たい空気を引き上げ、室内の湿った暖かい空気を細かな隙間から壁内に吸い込む働きをした。外壁の室内側や間仕切り壁に冷気流を生じさせ、施工された断熱材の効果を全く発揮できなくして、さらには水蒸気の流入によって小屋裏結露や壁内結露を生じる原因となった。

図1 在来木造住宅の断熱欠陥



以上の欠点を改良した工法が高断熱工法である。その要点は次の3つである。

1. 壁の上下を密閉する気流止めを設ける。
2. 住宅の内外を区分する気密層を設けこれに接して施工される断熱層と共に住宅全体を覆うように工法を工夫する。
3. 通気層を設け水蒸気が壁内に蓄積しないようにする。

この基本的な3項目は色々な断熱工法にも共通する事項である。

2-2 要点 1. 気流止め設置のための工法改良

在来木造の壁は基本的に@455mmに間柱がある。この間を木材などで気流を防ぐやり方は、木材の乾燥収縮や加工精度によって隙間が生じやすく手間も掛かるため、採用しない方がよい。同時にこのように何かを詰める方法は、忘れてたり手抜きをしたりで欠陥が生じやすい。納まりや工法を変えることで、気流止めが自然にできてしまう工法が最善である。

また、気流止めは必ず上下に設置する。壁内の上昇気流を止めるには片方でも良さそうと考える向きもあるが、壁の中間部にわずかな隙間が生じたとき、結局壁内気流が発生し、室内の水蒸気の壁内への流入や断熱性能のわずかな低下が生じる。

シート気密工法は、防湿層の施工を工夫して気流止めを防湿シートで同時に形成する工法である。このシートは防湿層、気密層、気流止めの3つの機能を持つことになる。

土台廻り、胴差し廻りに先張りシートを貼る工程が増える。またこの先張りシートを施工してからでないと根太の施工ができないなどの欠点があるが、大工が慣れてしまえば、比較的成本が安いという利点もある。先張りシートは基本的には木材にタッカーで留め付けその上から木材やボードを釘止めして押さえつける。他のシートとのジョイントは必ず木部の上で十分な重ねを取り、やはり木材やボードの釘止めを押さえつける。図2のように幅木や廻り縁を止めるための貫材などを利用する。また桁に留め付けるときは、ボードで押さえることができないので、乾燥木材で釘止めする。これに用いるPEシートは、0.15~0.2mm厚の熱劣化対策を施した中2.0m以上のものを使い6尺間隔にある木材に対して十分な重ね代を確保する。厚い材料を使うのは、重ねをボードで上から押さえたときに隙間が生じないようにすることと、その剛性により施工精度を確保することである。もちろん傷や穴が生じにくいというメリットもある。

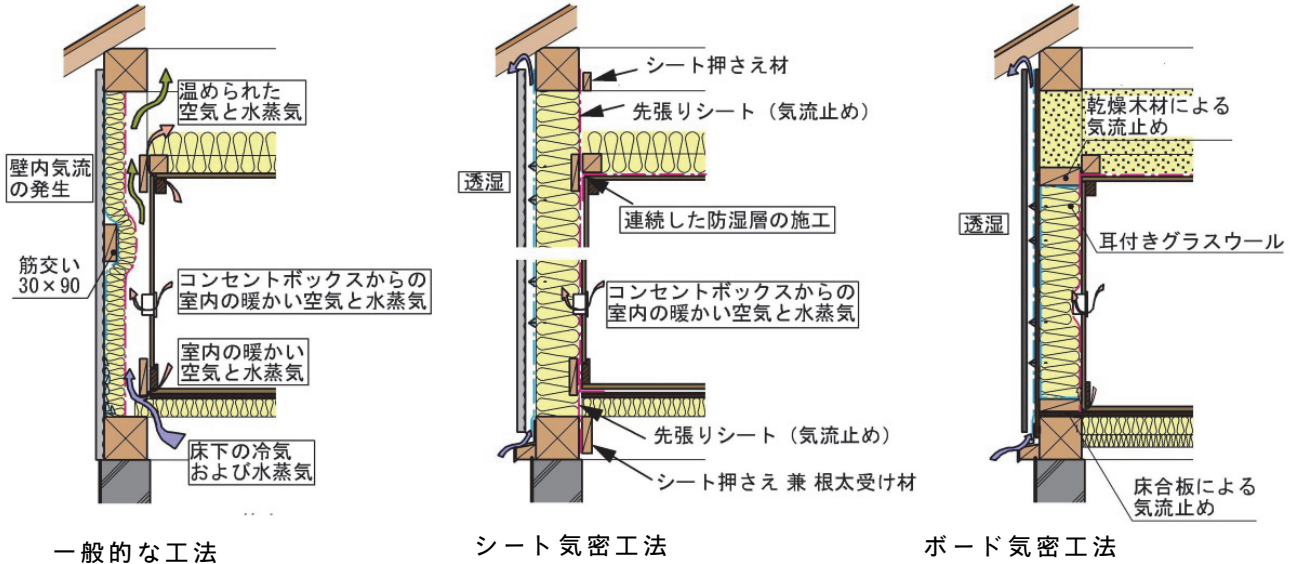
この工法でも外壁の外側は構造用面材を張って通気層内の風圧を受けられるようにした方が、透湿防水層の耐久性が長くとれ、室内の天井裏のシート上部に風圧が掛からなくてできる。

ボード気密工法は、床と外壁に於いて気密層を連続して張られる構造用合板などのボードとする工法である。天井などは気密シートを気密層とする。壁の上下の気流止めは、下部は剛床と外壁との納まりで自然にできる。上部は天井との取り合い部に柱間に木材を渡し、間柱はここで止める工法とするか、通常の間柱工法で室内の石膏ボードを桁、胴差しまで張り上げる方法などがある。

合板などのボードを乾燥木材に釘やビスでしっかり留め付けるため、ボードのジョイント部の気密は、殆ど問題にはならないが、より高い気密性能を目指すときは、ジョイント部に気密テープを貼る方がよい。剛床の柱廻りでの欠き込み部は大きな隙間になるので、シールや柱廻りの気密部材などを用いてしっかり気密にする必要がある。床を剛床とすれば、その合板が自動的に壁下部の気流止めとなる。根太工法の際は根太を土台、大引きに大入れとし、下地合板を土台や大引きに留め付け、やはりこれが気流止めとなる。壁上部は図2(右)のように天井との取り合い部に半割木材を柱間に渡し入れる。間柱はここで止め、桁との間は400~500ぐらい空くが、ここには合板の継手部に半割の束を入れるだけでよい。構造用面材の面外変形を防ぐ役割はこれで十分である。

断熱材の内側には防湿層の施工が必要になるが、気密層ではないので間柱間で防湿の役目を果たせば十分である。PEシートも薄いものでも良く耳付き断熱材でも構わない。防湿層に欠点が生じても気流止めが形成されていれば、壁の中に気流と共に水蒸気が浸入することがなく、多少の防湿層の欠点は問題にならない。

図2 気流止め設置工法



この気流止めは、外張り工法や最近の低密度現場発泡ウレタン充てん工法でも必要になることがある。

外張り工法の場合、コストダウンのため屋根外張り工法は採用せず天井に吹込工法やマット状の繊維系断熱材を敷き込んだりする天井断熱とする住宅が相当大的な割合を占めている。この場合天井と外壁、間仕切り壁との取り合い部にきちんと気流止めの施工が必要となる。壁下部が剛床で気流止めがあっても、壁上部が天井裏に抜けていれば、壁内装の幅木や廻り縁、額縁などの細かい隙間から気流が壁の中に流れ込み、天井裏に抜けようとする力が働くことになる。

ウレタン充てん工法でも同じ事である。天井断熱との組み合わせでは同じ事が起こる。ウレタン充てん工法では、壁厚一杯に吹き付けると、余分に発泡した断熱材を前面で削りトウ必要が生じ大きな手間が掛かりゴミも大量に発生するため、105mm厚に対して90mm施工とすることが多い。このため室内側に隙間が残りこの空気層を通して天井裏に空気が抜けて断熱欠損になる。また、天井断熱材料として、最近壁ウレタン施工の残材を細かいチップにしてウレタンチップの吹込工法が始まっているが、壁のウレタンと共に非常に可燃性や延燃性が高く火災の危険は極めて高い。ファイアーストップとしてもこの気流止めは重要である。

図 3 外張り工法の気流止め

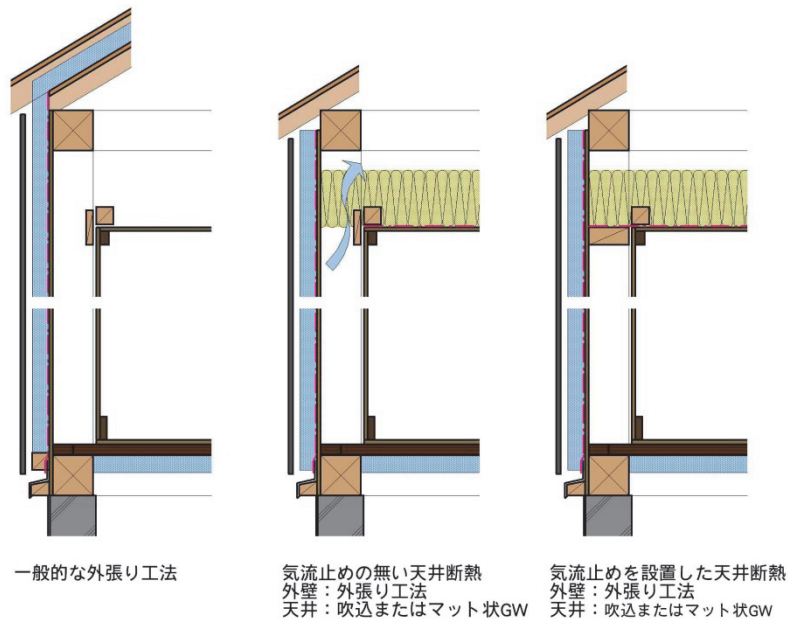
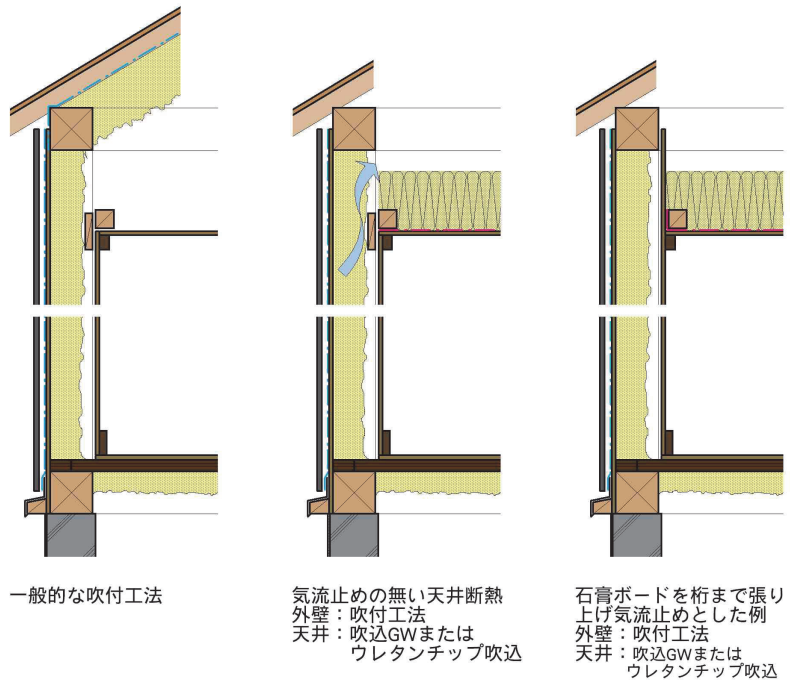


図 4 ウレタン充填工法での気流止め



2-3 要点2. 連続する気密層の設置と断熱層の連続

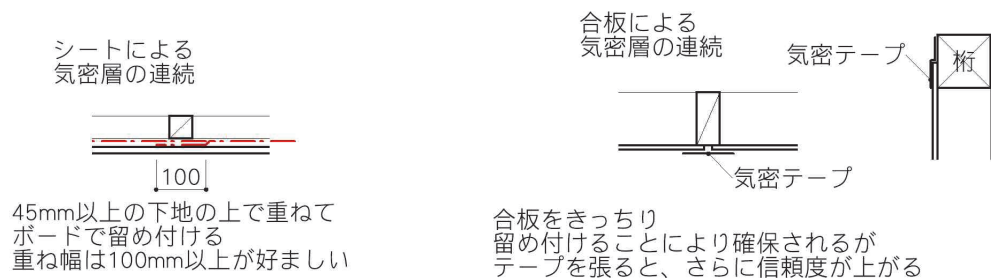
木造住宅の躯体は、多くの木材やボード、その他の建材の複合体である。室内と外部との間は床壁天井で仕切られることになるが、そこには木材の乾燥収縮や施工精度の不良などにより細かな隙間が発生する。未乾燥木材は大きく乾燥収縮するが、乾燥木材や集成材でも施工時から1年ぐらい経過すると若干の収縮がある。こうした隙間を防ぐために、PEシートや変形のないボードなどを気密層として住宅全体をすっぽり覆うように連続する気密層を設定する。気密層はそのジョイント部で将来的に微細な隙間を生じないよう納まりを検討する必要がある。

PEシートを気密層とするときは、そのジョイントは巾45mm以上の木部の上で100mm程度の重ねを取り、必ずその上からボードや木材を釘で留め押さえつける。PEシートの厚さが0.15~0.2mm程度あると2枚で0.3~0.4mmとなりその弾力性が長期的な気密性の確保に役立つようである。この際、シートの重ね部にシール材を入れたり、気密テープを貼ったりする方法は、確かにより気密性能が高まるが、乾燥木材を躯体に使っていけば長期的にも気密性能の低下は殆どないことが確かめられている。

シートの重ね目を木部の上でボードの留め付けによって押さえる方法を採らずに、シート同士をテープだけでジョイントする方法は、テープの剥離が起こるので採用してはいけない。重ね目がグラスウールなどの断熱材の部分になると圧着が不十分で一時的な接着しか期待できない。PEシートは溶着しない限り接着はできない材料である。テープの接着剤とはミクロな凹凸によって物理的に接合されているだけである。

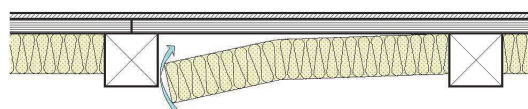
シートとシートを直接重ねられない部位、例えば天井と間仕切り壁との取り合い部などでは、木材を介しての連続となり、一つの木材にシートを気密に留め付けることによって連続を確保する。

合板などのボードを気密層とするときは、やはりそのジョイント部が問題となる。乾燥木材の上に@150mm以下で釘やビス留めとすれば、その隙間は殆ど問題にならない程度になる。しかし長期的には、乾燥木材の収縮などにより多少の隙間が生じることが予想される。これによって住宅のC値の低下はわずかだが生じる。明確に住宅性能の低下とは認められない程度であろう。これを防ぐには、ジョイント部を気密テープでジョイントすれば良い。現在市販の気密テープはアスファルト系やアクリル系のテープがあるが、いずれも30~40年程度は気密性確保の役割を果たすであろうことは実験的に確かめられている。



断熱層はこの気密層に密着するように設け、やはり住宅全体をすっぽり包むようにする。気密層と断熱層の間に空気層があると、そこに室内の空気や外気が入り込んだ場合断熱材の性能が発揮できない場合があるからである。たとえば、剛床の合板の下に入れた断熱材が垂れ下がり、間に床下の空気が入り込んだ場合、床の断熱性能は大幅に低下する。気密層としての剛床とその下の断熱材は常に密着している必要がある。

断熱層と気密層の密着施工



2-4 要点3. 通気層工法等による結露防止

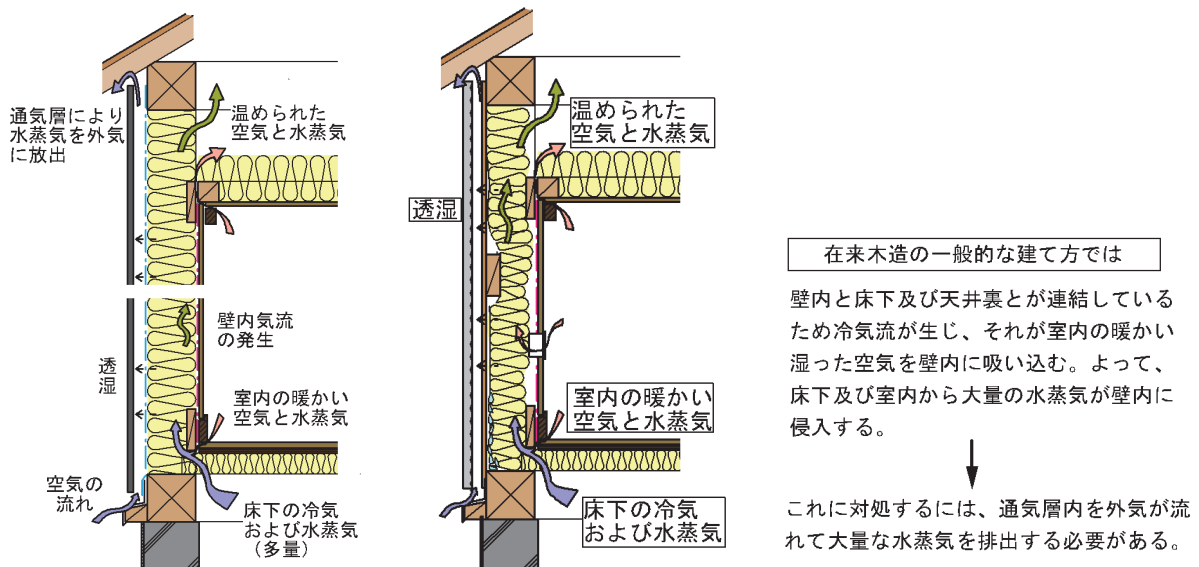
通気層工法は、既に広く普及している。具体的な施工法については各種マニュアルに詳しく記述されているので、それを参考にされたい。ここでは、通気層工法について誤解や疑問を感じることの多い項目について解説する。

1. 気流止めの無い工法では外壁にボードを張ると結露する。

一般的な在来木造工法では、気流止めは無く壁内の空洞は、床下や天井裏につながっている。この空洞部に断熱材を充填しているが、繊維系の断熱材は、気流を止める力は無い。少しでも室内側に空隙があると上昇気流が発生し天井裏に抜ける。これによって室内の水蒸気を含んだ空気や床下からの冷たい空気を壁内に引き込むことになる。この空気によって持ち込まれる水蒸気が、外側の構造用面材の内面で結露を生じてしまう。壁内の温度が低下する土台付近で、この結露は起こりやすい。外壁外側に構造用面材が無く透湿防水シートだけなら結露は生じないが、透湿防水シートよりも透湿抵抗の大きな構造用面材では、通気層を通じての水蒸気の排出が間に合わなくなり結露が生じるのである。

剛床工法によって外壁下部の気流止めが形成されていても、壁上部の気流止めが無ければ、幅木、額縁、廻り縁などの細かな隙間から室内の空気を吸い込み天井裏に抜けて、壁内に水蒸気を送り込み、結露の発生の危険が生じ、断熱性能の低下も起きてしまう。

住宅金融支援機構の、フラット 35 の仕様書でも、標準工法部分ではこの気流止めが採用されていないので、注意が必要である。通気層工法と気流止めは一体的に採用されるべきなのだが、標準仕様には通気層だけが採用されている。気流止めは高断熱仕様には掲載されている。省エネ基準義務化により高断熱仕様がやがては標準になるものと思われる。

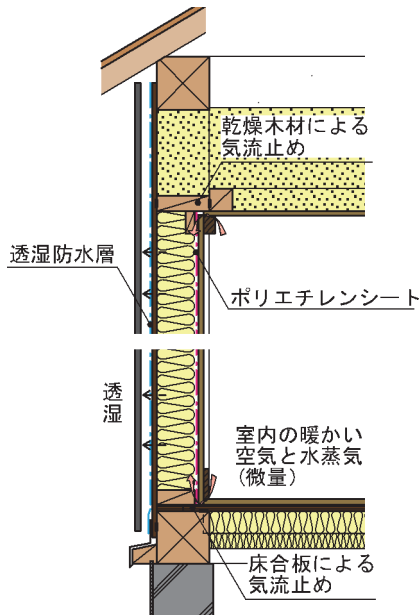


2. 気流止めがあれば、外側にボードを張っても結露しない。

上述のように、壁内に侵入する水蒸気の大半は壁内気流の存在が原因である。高断熱工法では気流止めと防湿層によって、壁内に侵入する水蒸気量は一般の在来木造の壁に比べて激減する。一方通気層からボードを通じて一定量の水蒸気を排出しているため、その排出量の方が侵入量より多ければ結露しないことになる。過去の実験では、室内 20℃湿度 60%、室外は札幌の最も寒い日の条件で 3 週間実験した例がある。防湿層を四角に切り抜いてコンセントボックス及びカバーを取り付けた状態で、コンセントから相当量の水蒸気の侵入がある条件下での実験の結果、コンセントの奥正面の合板裏面に直径 20cm 暑さ 3mm 程度の霜が付いていた程度で、実験条件の厳しさから問題は無いと判断した。

ボードの外側に透湿抵抗の高い発泡ポリスチレン板を外張りした場合でも、結果は同じ

である。外張り断熱材によってボード裏面の温度が高くなるため、より結露が生じにくくなる。



新在来シート気密、ボード気密工法では
気流止めが設置され、壁内気流は生じない。壁内への水蒸気の侵入は壁材
・コンセント部等の透湿する分のみで、左記に比べ桁違いに小さい。

通気層は、そのわずかな壁内水蒸気が壁外側のボード材料から透湿して外部
へ拡散によって逃がすスペースという位置づけになる。

- ・通気層は数mmの厚さでも良い
- ・通気層は外気が流れる必要は必ずしもない
- ・外壁材の透湿も働いてくる
- ・防水のための通気層の構造は確保される必要がある

3. 通気層は水蒸気を壁内に蓄積しないための仕掛けで、通気層内を必ずしも外気が流れなくても良い。

以上のことから高断熱工法では、気流止めが設置されているため、通気層内を外気が流れて水蒸気が排出されると云うメカニズムは必ずしも必要では無く、水蒸気が拡散によって外部に移動する経路があれば良い。従って、例えば通気層の上下を透湿抵抗の極めて小さい材料である GWなどを詰めても通気層の効果は変わらない。

4. 高断熱工法では通気層は、信頼性の高い外壁防水工法の役割が大きい。

水蒸気の排出必要量が小さいと云うことは、外壁材の透湿抵抗が小さければ、通気層を必ずしも設けなくても良いことになる。このことは実験的にも確認済みである。例えば北米では、2×4工法住宅で構造用面材を横使いでスリットを入れて張り、外装として透湿性の高いスタッコなどが使われたりしている。しかし、日本では一般に構造用セメントをモルタルに使うため、塗装と合わせて透湿抵抗はかなり高く、また防火構造のサイディングも同様である。クラックや目地からの雨水の侵入があった場合、外装材と防水層との間に長期間雨水が滞留することになり、色々な障害が生じる。

通気層工法は、外壁から雨水の侵入があった場合でも速やかに排出、乾燥が行われるため、防水工法としてとても信頼性が高く、外装材と木材の長寿命化に役立つ。

5. 防水性のある構造用面材を使ったら、透湿防水シートは不要

通常の構造用合板は、防水機能がある。長期に含水した場合腐朽という問題が生じるため防水層としては使われない。しかし、通気層に面した合板は、雨水が浸入しても雨がやめばすぐ乾くため、防水層として十分使える性能を持っている。合板の目地やサッシ廻りを防水気密テープでしっかりとカバーすれば良い。透湿防水シートを貼るよりローコストになる。

しかし、この工法は長期優良住宅の審査を通らないという。透湿防水シートだけが防水層の働きをすることは無いはずだが、透湿防水シートを使った通気層工法が一人歩きを始めているようである。

6. 夏型結露は大きな問題にはならない。

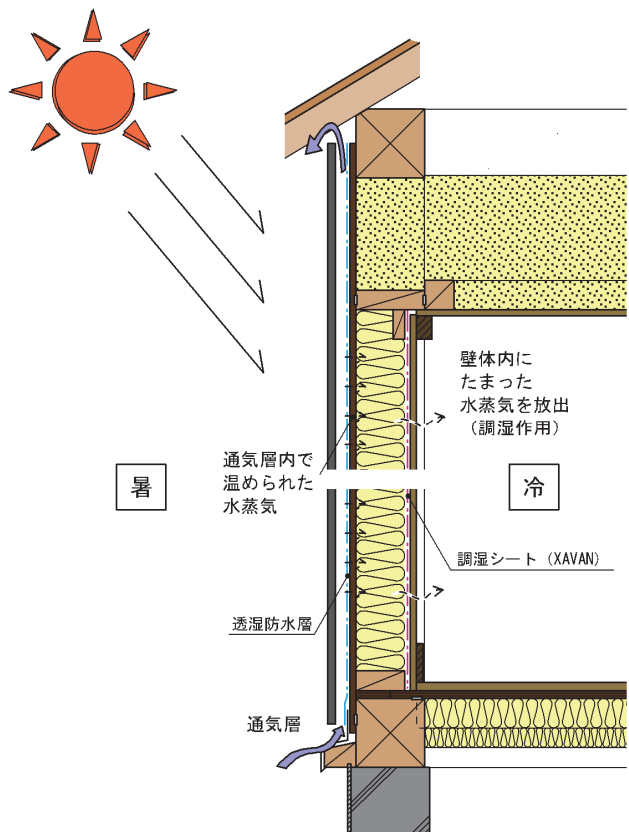
繊維系断熱材を充填する断熱工法は、夏型結露が問題であると指摘されてきた。夏はエアコンを使う室内に対して、外気の方が温度・湿度とも高く、冬とは内外の関係が逆転し、室内側の防湿層で結露が生じるといふ問題である。更に、水蒸気は高温高湿の外気から壁内に浸入する量より、壁を構成する柱・間柱・合板などが日中の日射で暖められこれらの材料からの放湿も加わることがわかった。また、室内温度を 25℃ 以下に下げると日射の無い時間帯でも結露の危険がある。

実際の住宅を観察すると、確かに南～西面の外壁で結露は発生し、特に新築直後 1 年ぐらいは木材の含水も多くかなりの結露が生じている。しかし、夏は冬と比べて温度も高く、結露が生じる時間は日射のあたる数時間に過ぎず、その後急速に蒸発することもわかっている。従って、冬の北面で起きる内部結露のように壁内の木材に吸水されながら蓄積することは無い。従って、木材腐朽などの被害も生じていないようである。

新住協の調査で、温暖地で 20 年近く経過した住宅の外壁を解体調査したときも、殆ど結露の痕跡が認められなかった、もちろん木材の腐朽も起こっていない。(新住協技術情報第 36 号「新在来木造工法 施工後の壁体内検証」2007.4.1)

この結露を完全に解消するには、室内の防湿層を透湿抵抗の低いものを使うのが良い。例えば、商品としてはデュポン社のザバーンというシートがある。このシートは冬の室内温度の時は透湿抵抗が高くなり夏の高い室温の下では低くなるという特性があり、このシートを使うと夏型結露は全く生じなくなり、冬も防湿・気密シートとして働く。類似のドイツ製の輸入品も販売されている。

関連して、屋根断熱工法で冬期間、野地板に結露が生じることがあるが、これも新築時の木材からの放湿によるもので、一年経過すると問題は無くなるようである。これが起こるのは軒天井の一部に有孔板を使った住宅に多い。有孔板は通気の抵抗が大きく換気量が不足する。屋根通気が有孔板のあるゾーンでしか生ぜずその横は極端に換気不足になる。軒先のリニアに連続する換気を設けるのが望ましい。



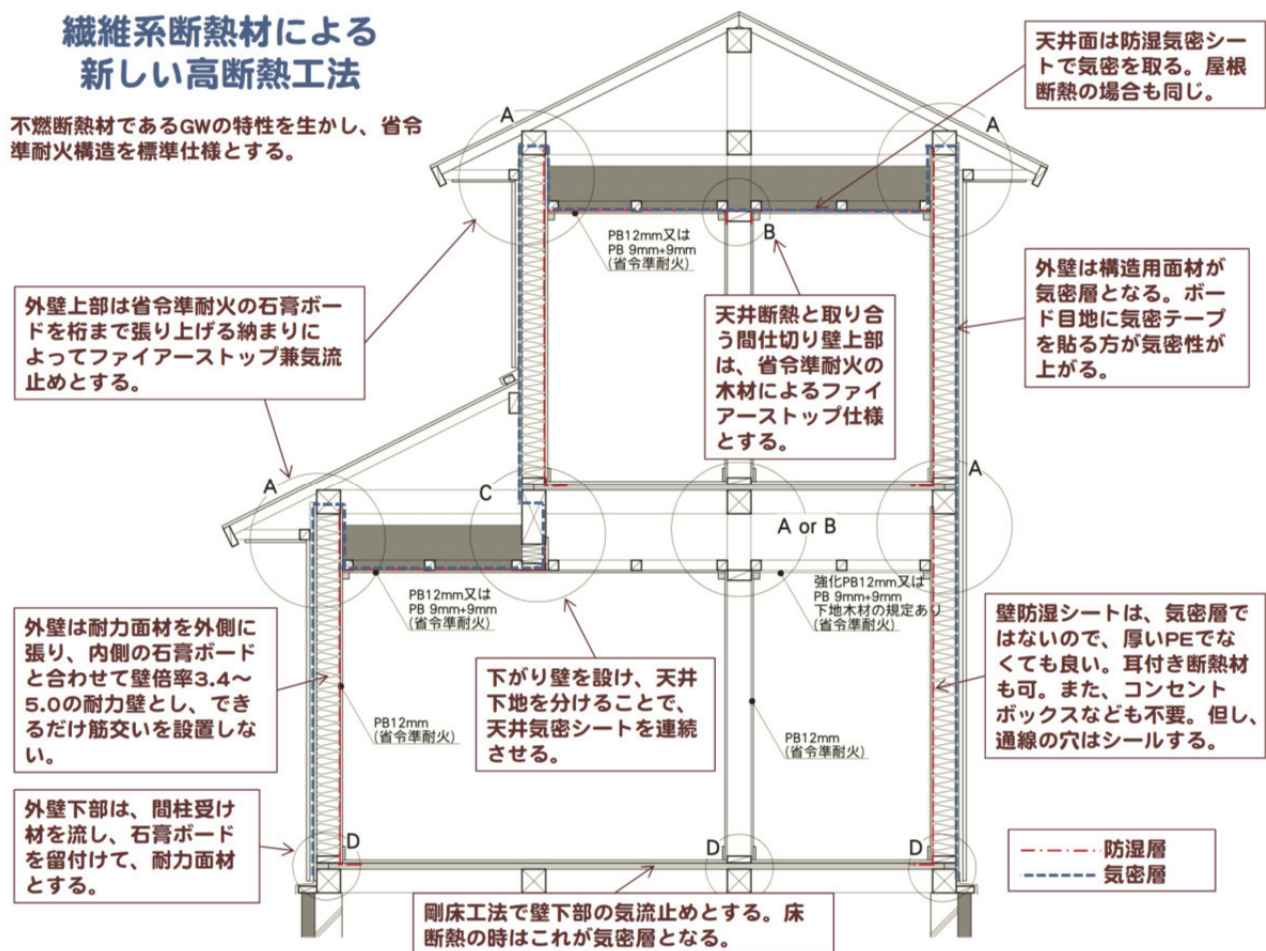
3. 新しい高断熱工法の概要

3-1 標準工法の概要

繊維系断熱材充填の高断熱工法は、当初シート気密工法が中心で平成 11 年の次世代省エネ基準にも取り込まれたため、このマニュアルによる施工が難しいという印象を与えてしまったせいか、本州では一時、発泡樹脂系断熱材の外張り工法が普及した。しかし、その後、在来木造住宅での構造用面材や剛床工法の普及によって、ボード気密工法が施工も容易になり、コスト的に有利だったためもあり、次第に普及し始めている。

こうしたボード気密工法は、各部の詳細納まりが省エネ基準の解説書にも解説がなく、メーカーの詳細図も各社まちまちのところもあり、工務店や大工がそれぞれ独自の判断で納まりが決められてきた面もある。

ここで、省令準耐火仕様のファイアーストップの納まりを気流止めの納まりとして取り込み、不燃断熱材としての GW や RW の長所を生かした高断熱工法を標準化しこれからの日本の高断熱工法を中心になるべくここに提案するものである。



工法の概要は以下の通り

1. 在来木造工法で外壁に耐力面材を張り、床は剛床工法（根太レス工法）とする工法を前提とする。
2. 剛床と壁下部の取り合いは、図 D のように間柱受け材を流しこれに石膏ボードを留め付ける納まりとする。
3. 外壁上部の気流止めは石膏ボードを桁、胴差しまで張り上げる工法を標準とする。こ

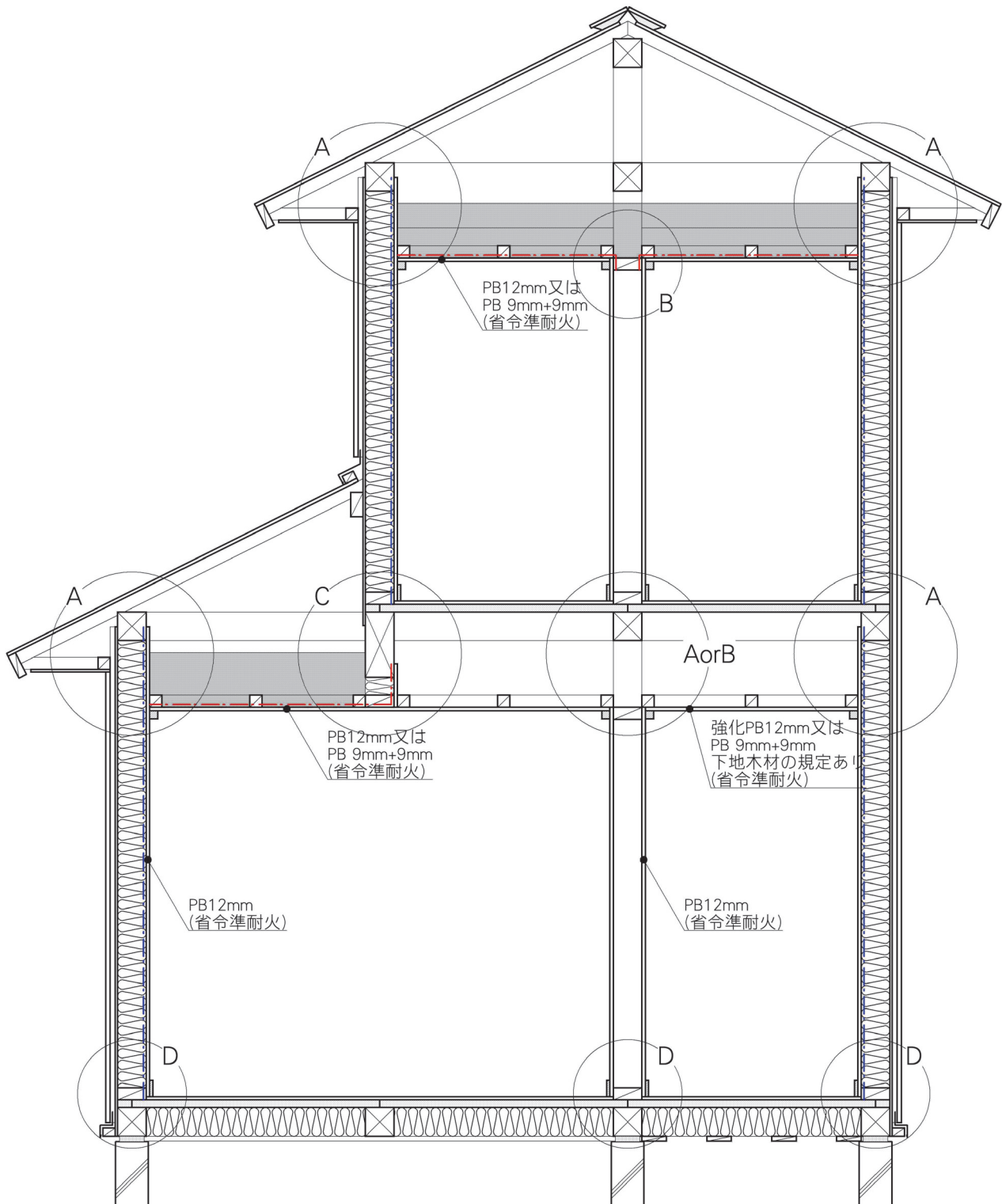
- れにより内装の石膏ボードを、耐力壁として壁量に加えることを可能にする。(図 A)
4. 間仕切り壁上部の気流止めは、天井下地の位置に半割木材を柱間に渡す仕様を標準とする。(図 B) 天井断熱と取り合わない部位は、A,B のどちらでも構わないが、省令準耐火の上階に床のある場合に相当するので、B とするとファイアーストップ上部に断熱材を充填する必要がある。A とすればそのままよい。
 5. 天井、屋根断熱部はシート気密とする。従ってこの部位の PE シートは 0.15~0.2mm の厚いシートを用い防湿気密層としてマニュアルに従った納まりとする。
 6. 差し掛け屋根と取り合う 2 階外壁の下部は、図 C のように下がり壁を設け天井気密シートを 2 階床梁まで張り上げる。
 7. 外壁は、外側構造用耐力面材、内側石膏ボードによって、壁倍率 3.4~5.0 の耐力壁として算定できるので、できるだけ筋交いによる断熱施工の煩雑さと断熱性能の欠損部を無くすようにする。
 8. 天井は基本的に 12.5mm 厚の石膏ボード張りとして、2 階下部の天井のみ強化石膏ボード 12.5mm とすることで省令準耐火仕様に適合する。ここに、強化石膏ボードを採用しない場合でも、省令準耐火仕様とはならないが、ほぼ同等に近い耐火性能を得ることができる。

そして、この工法の利点としては次のような項目を挙げることができる。

1. プレカット工場に完全発注が可能で、これを普通に建てる事で、誰でも容易に高断熱住宅を実現できる。
2. 省令準耐火仕様の住宅ができるため、火災、地震保険料が当初の 5 年間で約 20 万円、30 年間では 120 万円ほど安くなる。また、非常に耐火性能の高い住宅をユーザーに提供できる。
3. 省令準耐火仕様を細かな点で対応できなくても、不燃断熱材を使った、高い耐火性能の住宅ができる。
4. 筋交いを使わないことで、構造耐力の信頼性が増し、筋交い金物が不要になり、断熱材の充填が容易になる。
5. 壁断熱材は 4 方耳付きの断熱材が使用可能になる。

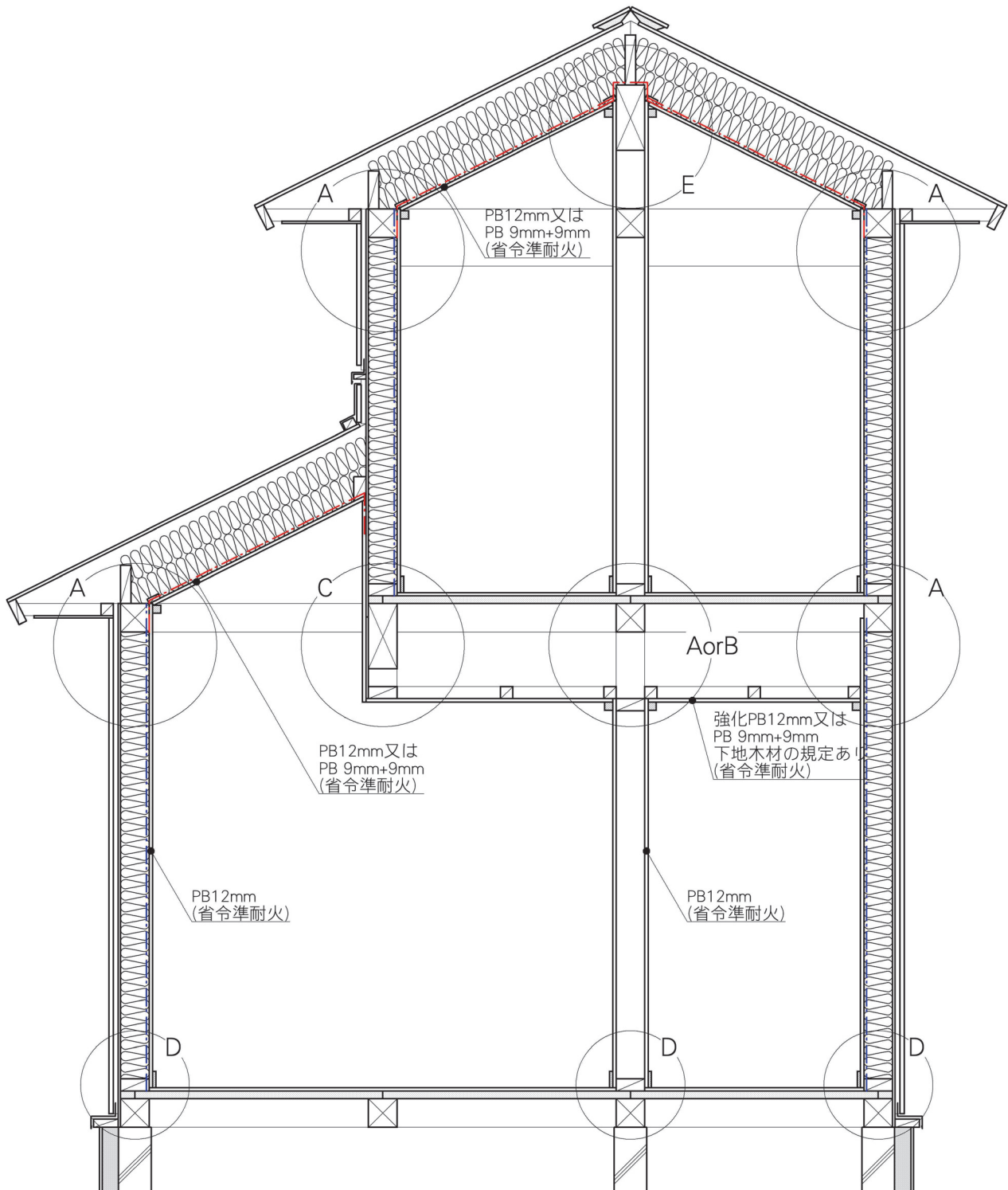
以下に、天井断熱一床断熱の概要図と、屋根断熱-基礎断熱の概要図および桁上断熱の概要図を示す。

3-2 新しい高断熱工法の概要（天井一床断熱仕様）



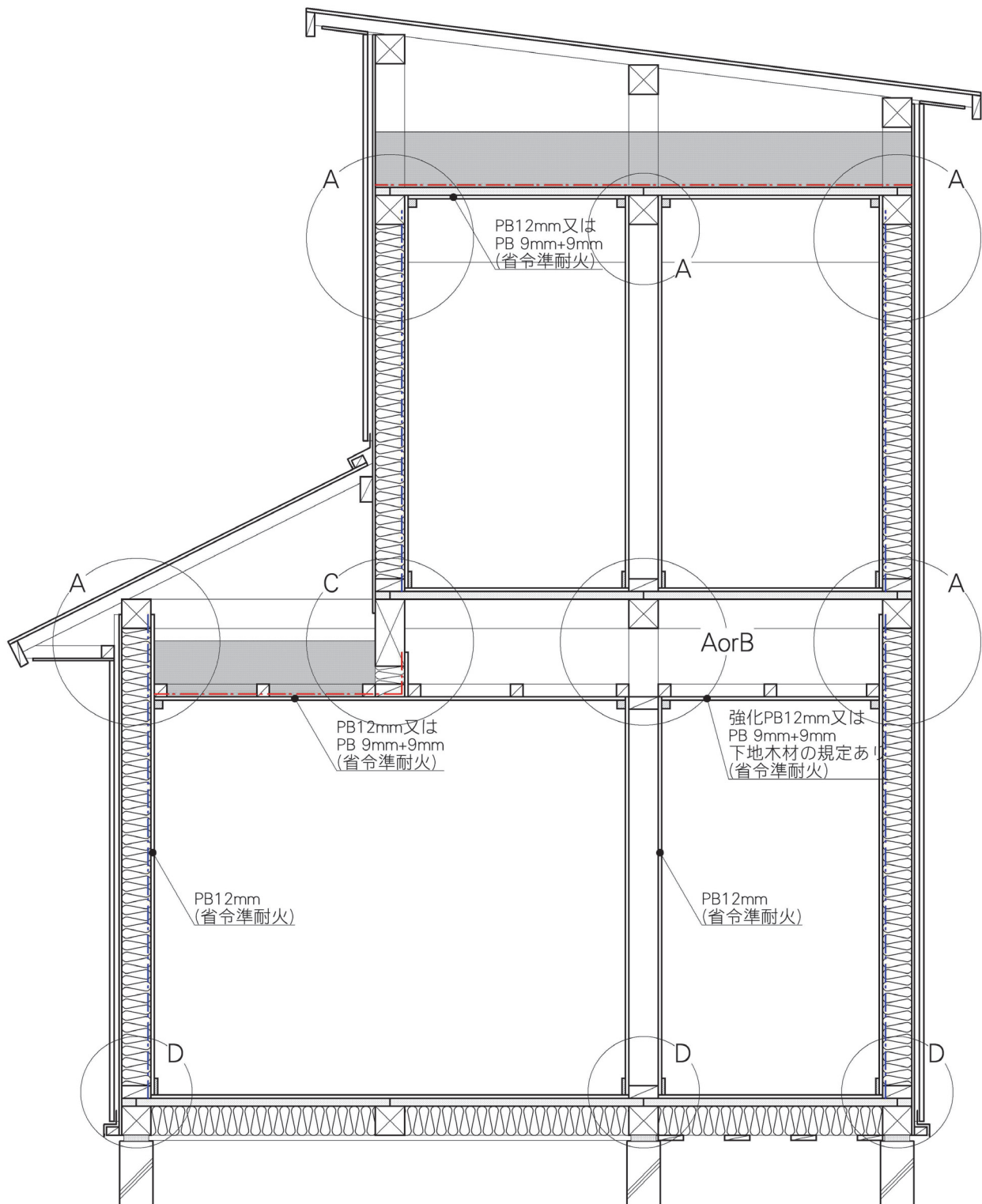
- ・天井気密シートの外壁の石膏ボードとの取り合い部、及び間仕切り壁上部での連続に留意する。また、気密シート同士の重ねは必ず野縁の上で行う
- ・床断熱は、通常の省エネ基準仕様の80mm厚ボードでも良いが、図のように105mm厚高性能GW16kgで納めると性能が向上する。この際材料の剛性を利用してバラ板を@300mmで大引き下面に受けを造れば、そのままGWを敷き込むことができる。
- ・床は剛床が気密層となるため、柱廻りは、シーリング材や専用の気密部材を用いて気密化を図る

3-3 新しい高断熱工法の概要（屋根—基礎断熱仕様）



- ・屋根断熱部の気密シートは、桁や、小屋梁、棟梁部で先張りシートなどを用いて気密層の連続に注意する。またシート同士の重ねは屋根垂木の上で行う。
- ・差し掛け屋根部は、2階外壁耐力面材が先行する必要がある。同様に気密シートの連続に留意する。

3-4 新しい高断熱工法の概要（桁上断熱一床断熱仕様）



- ・ 桁上断熱は屋根勾配にもよるが、上図のように二重桁として天井断熱の厚さを確保することが望ましい。
- ・ 屋根剛性を桁上合板張りで取るためには、現状の仕様では図のように厚い合板を用いるか、通常の床と同じように根太を落とし込みで入れて12mm合板を張る必要がある。

4. 新しい高断熱工法の各部詳細

新しい高断熱工法によって高断熱住宅を設計施工する際の詳細各部工法について、断熱・気密上の要点を解説する。最近の新しい情報を盛り込み解説するが、近年品確法や省エネ法などにより色々な解説書に各部工法が例示され、それに従って審査機関がかなり細かくチェックされる。それだけでは無く独自の判断や仕様を決め、チェックされることもある。ここでは、そうした審査機関への提案の意味を込めて新しい工法を含む場合もある。適宜判断して参考にして欲しい。

4-1 基礎断熱工法

基礎断熱工法は、ヨーロッパで行われている工法を参考にしながら、北海道で始まった。床下の設備配管の凍結を防ぎ、床下コンクリートや地盤の熱容量を利用して室温の安定を図る事ができる。ヨーロッパの工法とは異なり、基礎外周部だけで断熱する工法が提案され、床下地盤面は地下水位が十分低ければ土壌の断熱性で十分という考え方である。その後それを補うスカート断熱の仕様が北海道で策定され、同時に凍結深度の低減も可能になった。スカート断熱は省エネ基準でも取り上げられているが、凍結深度の低減が認められるのは北海道だけなのである。本州の寒冷地でも適用できるようになることが望ましい。

こうしたことから、基礎断熱工法は寒冷地特有の工法だったのだが、外張り工法では基礎断熱が標準で、この工法が全国に広まった。温暖地では床下が高湿になったり結露が発生したりする危険が高く注意が必要である。

この基礎断熱の床下に放熱器を設置する床下暖房が始まり、最近ではエアコンを設置して床下冷暖房も行われている。基礎断熱は一般に床断熱より熱損失はどうしても大きくなる。地盤面の断熱をしない場合は、地盤全体を熱的に平衡状態にするのに大きなエネルギーが必要になる。住宅の省エネレベルが上がり暖房時間が少なくなるにつれ、床下地盤が暖まりきらない現象が見られるようになり、床下地盤も断熱することが始まっている。これにより基礎断熱工法のコストはかなり上昇する。このあたりを勘案しながら床断熱と基礎断熱の選択を検討する必要もあろう。

現時点での大きな問題が一つある。平成 25 年に改正された省エネ基準では基礎断熱の熱損失計算式が大きく変わり、それが平成 28 年基準でもそのまま採用されているが、その熱損失が平成 11 年基準及び平成 14 年基準に比べて約半分になっているのである。これは明らかに間違いで、早急に訂正されるべきである。

基礎断熱工法は布基礎、ベタ基礎などの基礎構造形式や内断熱、外断熱、両側断熱の断熱形式、さらにはスカート断熱の有無、地盤全面断熱などの組み合わせで熱損失量は大きく異なる。その計算は 2~3 次元の定常または非定常計算プログラムを使う必要があり簡単に計算できるものではない。2 次元定常計算データを基に推定式を立て簡単に計算できるようにしたのが QPEX の基礎断熱計算である。参考にされたい。

温暖地の基礎断熱工法で、一番問題になるのはシロアリ対策であろう。有機系防蟻剤を塗布する方法は基礎断熱住宅では床下空間が室内と見なされるため健康被害を防ぐためにも採用すべきではない。基礎コンクリートを一体打ちにする仕様が示されているが、これに外断熱をする場合は、ホウ酸を含浸させたビーズ発泡ポリスチレン板を用いるのが良い。防蟻性能に十分な耐久性がある。有機系薬剤による断熱材は耐久性に限られる。このあたりの品確法の規定は少し問題があるような気がする。

基礎断熱工法に関しては、各種マニュアルを参考にされたい。

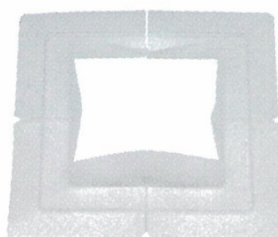
4-2 床断熱工法

4-2-1 床断熱の気密層、防湿層

床断熱工法では、剛床の厚い合板が気密層となる。合板は、大引き及び合板受け材上で継ぎ目が生じるが、これらの木材は一般的に床の軋み防止からも乾燥材が使われる。床剛

性確保と軋み防止のために釘またはビスでしっかり留め付けられ、その後軋みのクレームも無く、またその上にはフロア材が一面に敷き詰められることから、長期的に隙間は生じないと見なしでも良い。フロア材が広幅の合板フローリングでは無く、無垢の板材を使ったりする場合などには、念を入れる意味から合板目地に気密テープを貼ることも悪いことでは無い。一番気をつけるのは、柱廻りの隙間である。ここは、フロア材、壁の石膏ボード、幅木などが取り合い、みえがかりとしては隙間が無くなるが、気密にはならない。隙間にブチル系コーキング材などでシールするか、市販の柱廻りの気密部材を利用する必要がある。

柱廻りの気密補助材
「柱廻り気密バリア」
日本住環境(株)製



床の断熱材は床下には開放され、室内側は厚い合板と床仕上げ材があるため、床断熱の防湿層は省略できる。防湿層を施工した場合、床仕上げ材が透湿抵抗の高い材料を使う場合、その目地から水がしみこんだときにその水が中々乾燥しないため、合板が腐朽する恐れがある。また、和室の畳は熱抵抗が大きく、床断熱材との間に防湿層があるとその位置の温度が低下するため畳下の結露が起きることがある。床の防湿層は施工しない方が良くであろう。

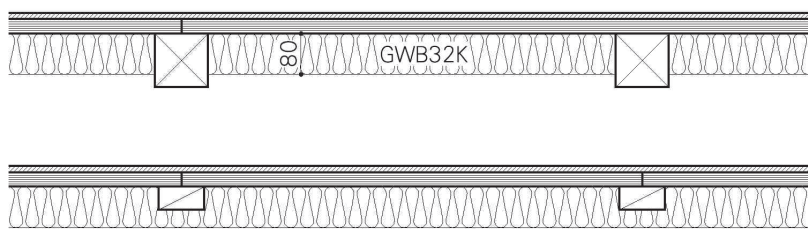
4-2-2 GW ボード 32kg/m³ 80mm 大引き間にはめ込み

剛床工法では、床断熱の時は、断熱材を大引き間にはめ込む。これまでの根太工法の根太間にはめ込む工法とは違って巾が広い断熱材を使う。大引きが 90 角、105 角、120 角によって巾は異なるが、いずれにしても断熱材が垂れ下がらないようにある程度の剛性が必要である。GW メーカー各社は 32kg/m³ の GW ボード 80mm 厚の材をはめ込む工法で、各社各様の支持部材も含めて販売している。発泡プラスチック断熱材のメーカーも断熱材の熱伝導率で厚みは異なるが同様である。この厚さは、過去の省エネ基準の床の見なし仕様によって決まっているが、現在では UA 値を計算すれば良いことになっており、この厚さの規定は無い。

これらの断熱材の支持をきちんと行わないで、大引きの収縮などから床断熱材の垂れ下がりがや脱落が、特に発泡断熱材の施工に多く見られるので注意が必要である。

GW ボード 32kg/m³ 80mm を 105 角大引き間にはめ込んだときの性能は $U = 0.43W/m^2 K$ である。

床断熱工法
GWB32K80mm厚

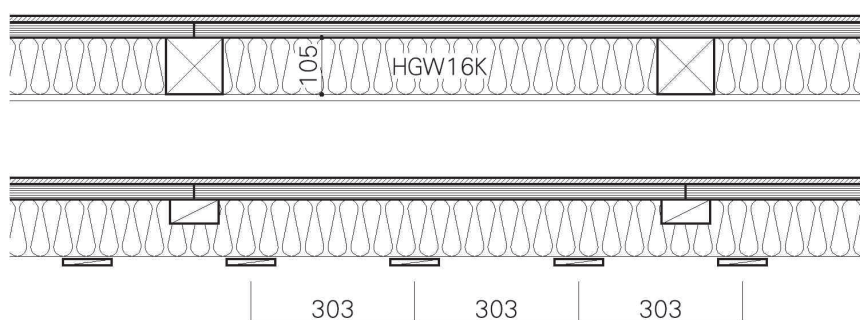


4-2-3 HGW16kg/m³ 105mm 大引き間にはめ込み

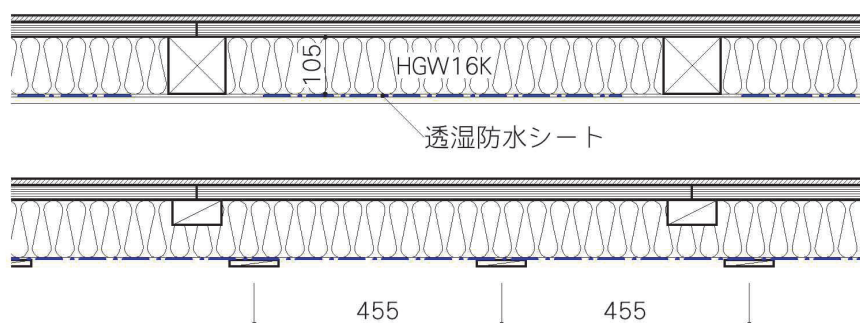
大引き下面に木材を打ち付けて断熱材受けを造ることをいとわなければ、GW ボードより安価な HGW16kg/m³ 105mm をはめ込むことができる。断熱材受けとしては大引き下面にバラ板(12×90)を打ち付ける程度で十分である。製品としては、105×810×1370 程度の寸法の商品が各社から販売されている。いずれも耳付き包装品ではなく、裸の GW である。裸の HGW16kg/m³ の製品は剛性もあるので、バラ板を@303mm 程度に打ち付ければ、その上に敷き込むだけで十分垂れ下がりを生じない。バラ板を@455mm で打ち付ける場合は、透湿防水シートをバラ板にタッカー止めしてから GW を敷き込む。この場合も透湿防水シートは巾 500mm 位で十分である。

この構成では $U=0.362W/m^2 K$ となり、GWB80mm の工法に比べて 16% 性能が向上する。

床断熱工法
HGW16K105mm厚
グラスウール受けバラ板@303



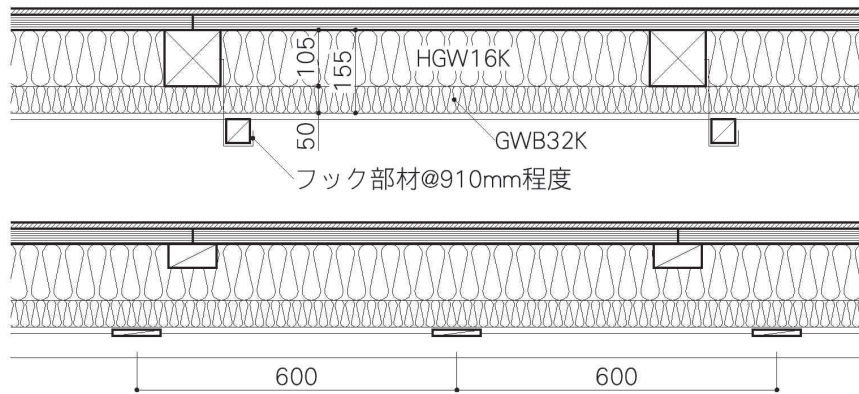
床断熱工法
HGW16K105mm厚
グラスウール受けバラ板@455



4-2-4 HGW16kg/m³ 105mm 大引き間にはめ込み+GW ボード 32kg/m³ 50mm 工法

大引間に 105 mm 以上の厚さの断熱材を施工することは困難である。また上の 80~105 mm 断熱では大引が熱橋となり、断熱部と大引部では床表面温度に 1℃ 以上の温度差が生じる。これらを解決すべく考えられたのが図の工法である。大引から金物で断熱材受け下地を構成し、大引き下に GW ボード 50 mm 厚を敷き込み、この上に 105 mm 厚の HGW16kg/m³ を敷き込む工法である。この金物は、新住協と日本住環境が共同開発して既に市販されている。この金物を使った 155mm 厚工法は、床表面温度にムラが無くなり、上記の工法に比べて平均で一度以上上昇する。熱損失的には床断熱は係数 0.7 が掛かるのでその他の部位と比べれば 220mm 相当の断熱厚さとなる。熱貫流率は 0.7 をかけないで $U=0.234W/m^2 K$ となる。

床断熱工法
HGW16K105mm厚+GWB32K50mm厚

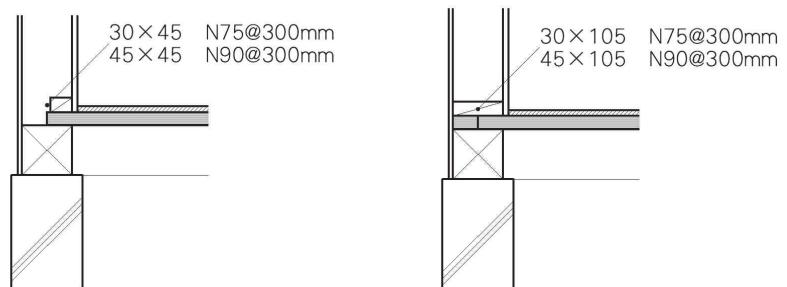


4-3 外壁断熱工法

4-3-1 外壁断熱の気流止め

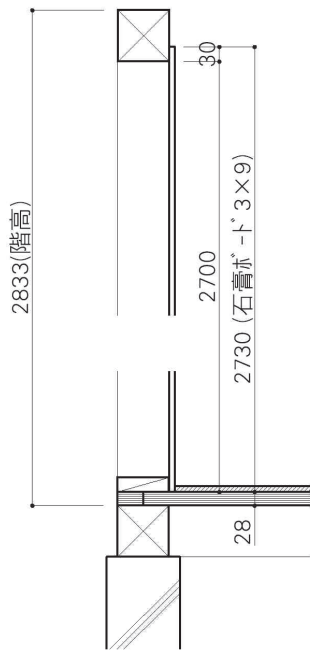
この工法では、外壁下部の気流止めは剛床で構成され、上部は基本的には室内の石膏ボードを桁や胴差まで張り上げるにより形成される。剛床以外でも根太大入れ落とし込みの上に 12mm 合板を張る床構成でも同様である。

下部の納まりは図のように土台外側まで剛床合板を張り、その上に間柱受け材を止めつける。この受け材に石膏ボードを張って耐力壁として働かせるためには、この受け材の寸法は最低 30×40 が必要で釘は N75 以上@300 mm 以下との規定がある。これによれば下図左のようになるが、これでは間柱下端部の加工が必要で GW も入れにくい。この受け材を 30×105 として、釘打ちを室内側で N75 以上@300 mm 以下として、外側にも補強すればよい。巾木の止めつけなどの理由で 45×105 mm とする場合は N90@300 mm とする必要がある。

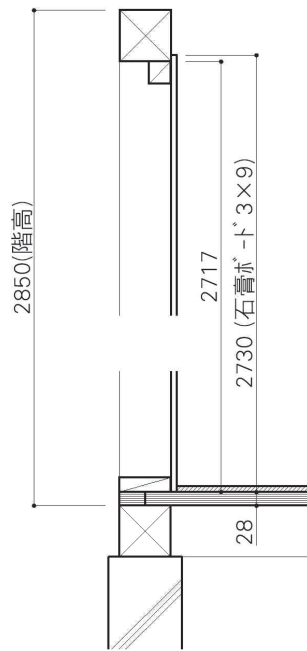


上部の納まりは石膏ボードを桁、胴差まで張り上げる工法を基本とする。石膏ボードの寸法が 2730 mm であるため、桁、胴差に対するかかり代が 30 mm 以上必要なので、剛床上面から桁、胴差下端まで 2700 mm 以下でなければならない。階高では床合板 28 mm の時で 2833 mm、床合板 24 mm で 2829 mm である。例えば階高 2850mm の場合はわずかに足りないが、このような場合は桁、胴差し下面に石膏ボードの受け材を釘打ちすることもできるであろう。これ以上の階高の場合は、石膏ボードを張り継ぐ必要がある。この場合、間仕切り壁と同じように天井下地面の位置に 45×105 を柱間に入れここで石膏ボードを継ぐことになる。天井より上も石膏ボードを張れば耐力壁となるが、張らない場合耐力壁には算入できなくなるので注意が必要である。

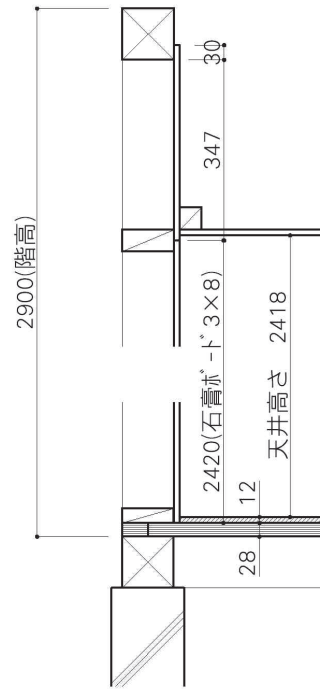
床合板上端～桁下端
2700mm以下の場合



床合板上端～桁下端
2720mm程度の場合



床合板上端～梁下端
2700mm以上の場合



階高とそれによる寸法は例示

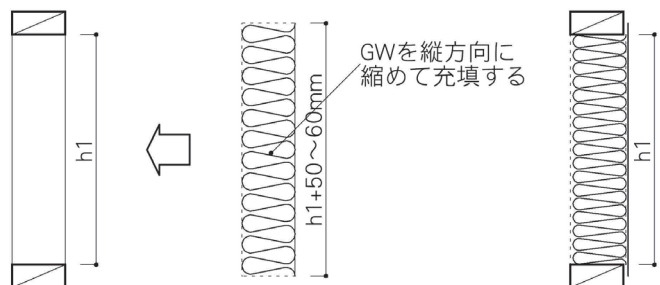
4-3-2 外壁断熱の気密層と防湿層

外壁の気密層は、基本的には外側に張った耐力面材が担う。柱、間柱などの木材に乾燥材や集成材が用いられている場合は、その上に面材が継手部では@150mm以下で釘止めされるので、殆ど隙間は生ぜず長期的にもある程度の気密性は期待できる。その外側に透湿防水シートを施工すると、これも若干の気密性確保に役立つ。一般的にはこれで十分であろう。

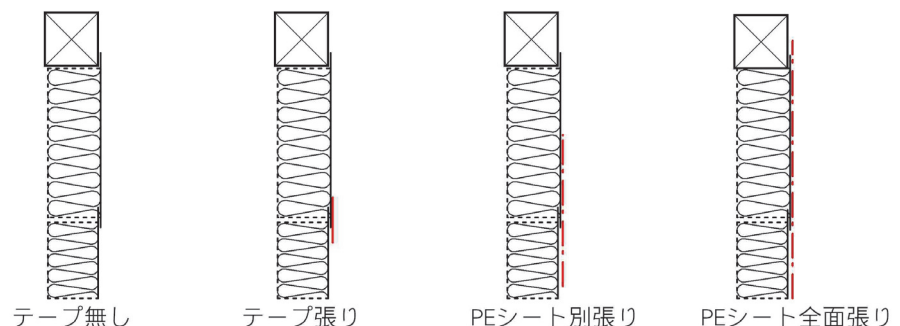
面材の継手部を気密防水テープ張りとするのは、気密性能が長期的にもしっかり保証される。この場合はその外側に透湿防水シートを施工する必要はなくなる。サッシ廻りや壁貫通ダクト廻りも防水テープを施工することで防水性は十分確保できる。雨水が浸入して面材が濡れても通気層工法によってすぐ乾燥してしまう。但し、ボードが吸水性の高い材質の場合は透湿防水シートを施工する必要がある。

室内側の防湿シートは、気密層としての役割が無いので、厚さ 0.15~0.2mm の気密シートより薄いものでも良い。また気密層のような連続性を確保する必要も無い。従って、耳付き断熱材のような製品をそのまま施工することもできる。しかしその際は、必ず 4 方耳付きの製品を使うか、横方向にしか耳の無い製品の場合でも、縦方向の長さを長めにカットして耳を作り出すなどの工夫をする必要がある。耳付き製品を縦方向に継ぎ足すときは、防湿フィルムの継ぎ目に気密テープを貼る。この時テープをしっかり押さえつける必要がある。GW の耳をタッカーで留め付ける前に、テープを貼り GW を合板まで押しつけるようにしてテープを圧着する。むしろテープ張りよりは、幅広の防湿シートを継手部に別に補強として貼る方が良い。もちろんこうした継ぎ手が多いときは、全面に防湿シートを貼り増す方が良いであろう。こうすれば縦方向の耳を作る必要もなくなる。

耳付きGWの充填方法
(縦方向)



耳付きGWの縦方向のジョイント方法

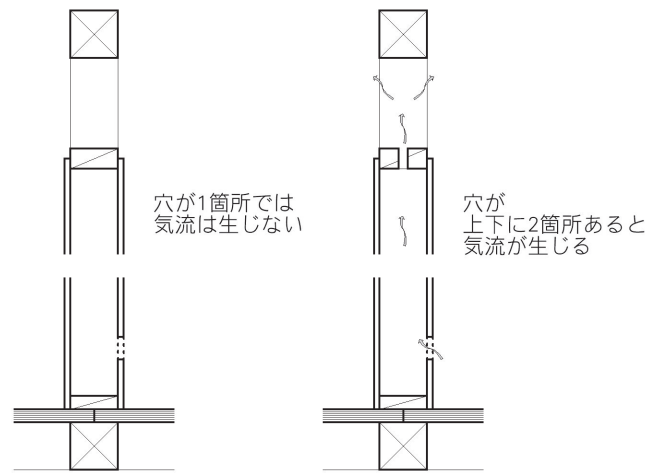


防湿シートに厚い気密シートを用いて気密層と同じ施工をすることもできる。これによる住宅の気密性能向上は一般的には殆ど無い。ただし、外側の合板と内側の気密シートで二重の気密層の施工をすることで、どちらかの施工ミスからかなり大きな隙間が生じている場合は、多少の気密性能は上がるはずなのだが、実際には内側防湿施工の上に石膏ボードを張り詰めるため大きな差は生じない。

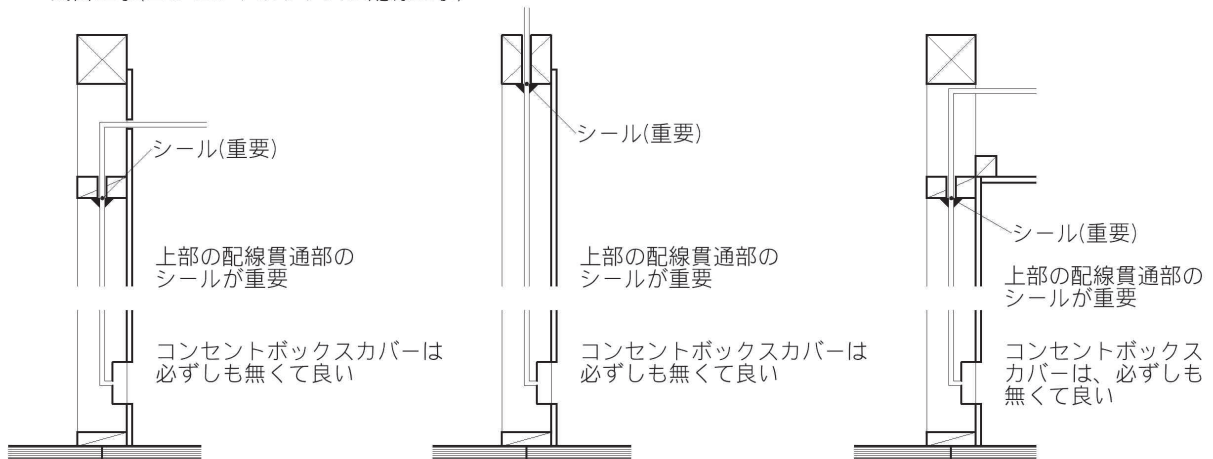
4-3-3 コンセントボックスと配線の処理

気密住宅では、壁のコンセントボックスに気密カバーが使われる。しかし気流止めの上下に形成された壁内空洞部は、密閉構造であるから、ここのコンセントボックスが設置され、その上に石膏ボードを張ってコンセントのプレートが付いた状態でわずかな穴があったとしても。ここから室内の空気が侵入することは無い。水蒸気の侵入もわずかで通気層を通して十分排出できる量である。

問題は壁内にコンセント部とは別にもう一つ穴がある場合で、コンセントへの配線が上部で気流止めを貫通する部分のシールが行われなかった場合がこれに相当する。この部分のシールをきちんと施工すれば、コンセントカバーは必ずしも施工する必要は無い。もちろん施工の方が完全であるが、施工しなくても大きな障害は生じない。



気密工事(コンセントボックスと配線工事)



4-3-4 筋交い部の断熱施工

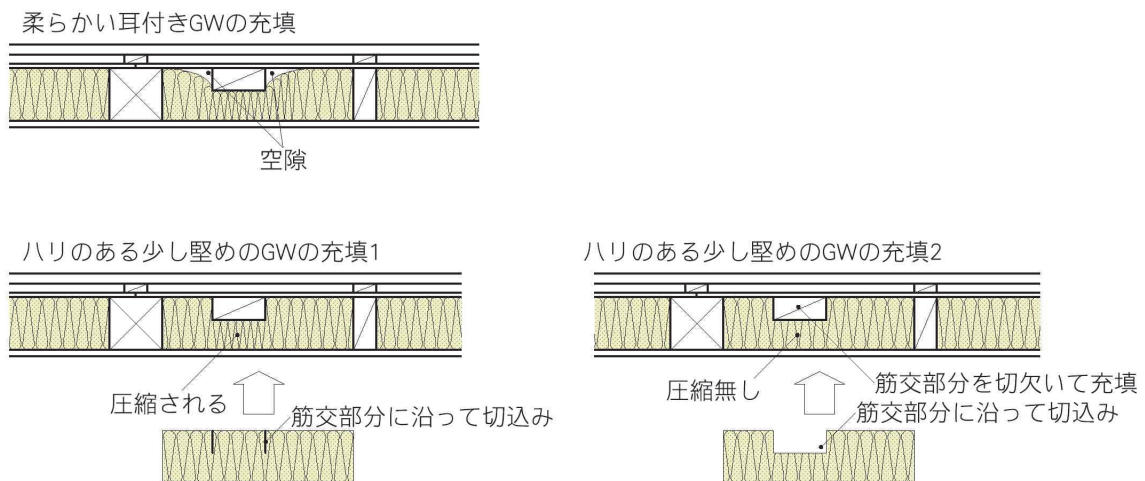
筋交いを施工された壁に断熱材を充填するとき、GWをそのまま押しつけると、筋交い側に三角形の隙間が生じる。壁の気流止めが完全ならば、この空隙に気流が生じることは無いので大きな問題にはならない。断熱材の厚さが減少した分だけの断熱性能低下となるが、住宅全体としては殆ど問題にはならない程度である。

現在では筋交いに殆どの場合 45×105 の厚い木材が使われるため、HGW16kg/m³の断熱材でも耳付きの製品は裸の製品より柔らかめにできているので、内装の12.5mm石膏ボードでは内装材のふくれの問題も殆ど無い。

これより堅めの断熱材を施工するときは、やはり断熱材に切り込みを入れる必要がある。まず断熱材を一度充填して、筋交いの角に当たる部分を強く押しつけ、その断熱材を取り出し押し付けた後を目印に筋交い厚さ分の切り込みを入れて、もう一度断熱材をはめ込めば良い。これで筋交い廻りの空隙も無くなり、室内側石膏ボードに掛かる内側からの膨らみも軽減される。

20kg/m³以上のもっと堅い断熱材を施工するときは、切り込みを入れた後筋交い厚さ分のGWをはぎ取って窪みを作ってから入れ直すと良い。

筋交い部分のグラスウール充填方法



4-3-5 代表的な外壁及び間仕切り壁の構造用面材の壁倍率

外側の構造用合板と内側の 12.5mm 石膏ボードの両方が耐力壁面材として働けば、この壁は壁倍率 $2.5 + 0.9 = 3.4$ となる。これ以上の倍率としたい場合は、ボードメーカーやビスメーカーが個別認定を取っており、それを使えばより高い倍率となる。標準のボードを 9mm として、高い倍率が必要な壁だけ 12mm とすることが出来、その場合通気胴縁をそこだけ 15mm 厚にすることによって対処する。

室内側の石膏ボードの施工は、最近ビス留めとすることが多いが、その場合もビスの認定で 1.1~1.2 倍となることが多い。

このようにして、できるだけ筋交いを使わないようにすると、断熱施工が楽になり、断熱性能もフルに期待できる。

材料名	厚さ(mm)	面材の留め方			壁倍率	メーカー
		釘の種類	釘間隔(mm)			
			外周	中通り		
構造用合板	9	N50	150	200	2.5	合板メーカー 各社
	12	CN50	100	200	3.1	
		CN50	75	200	3.8	
		CN65	100	200	4.0	
OSB	9	N50	150	200	2.5	APA
		CN50	100	200	3.2	
		CN50	75	150	4.1	
ダイライトMS	9	N50	100	200	2.5	大建工業
	12	SF50	100	200	3.0	
モイスTM	9.5	N50	125	250	2.5	三菱商事建材
		N50	100	200	2.7	
		CN50	75	150	3.8	
ハイベストウッド	9	N50 / CN50	100	200	2.5	ノダ
		CN65	100	200	4.0	
石膏ボード 大壁床勝ち	12.5	各種ビス	150	150	0.9~1.2	ビスメーカー の仕様による

4-4 天井断熱工法

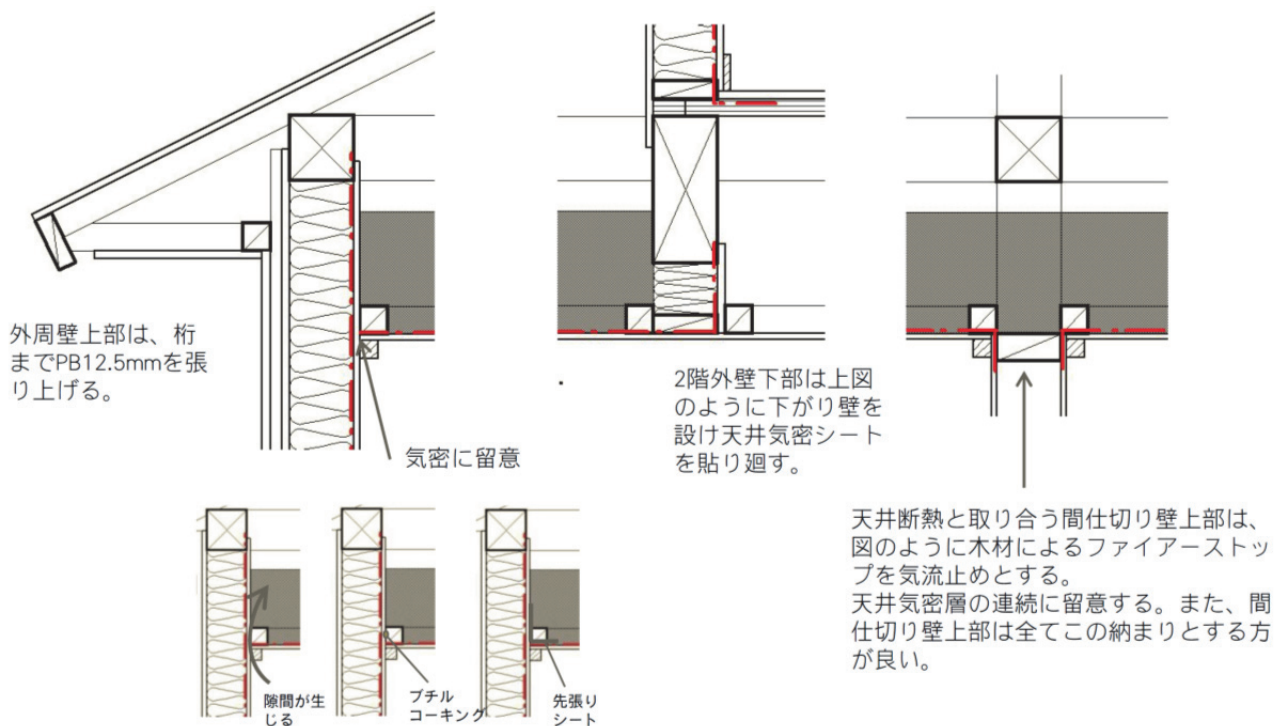
4-4-1 天井断熱工法の気密層の納まり

天井は住宅の暖房時、室内の温度は外気よりかなり高くその温度差による空気の浮力が掛かるため、わずかの隙間でも大量の空気が抜けることになる。従って天井部の気密は大事である。天井断熱工法では気密層を気密防湿シートとする。野縁を施工しその下面に厚さ0.15～0.2mmの気密シートを張る。シートの重ねは必ず野縁の上で行う。野縁の造り方によっては気密シートの張る方向が重要になる。外壁との取り合い部及び間仕切り壁との取り合い部で隙間が生じない納まりとする。

外壁との取り合い部は、野縁に乾燥材を用いて外壁の石膏ボードとの間にシール材を入れるか、先張り気密シートを挟んで施工し、天井気密シートと重ねる。

間仕切り壁との取り合い部は、間仕切り壁の気流止め(ファイアーストップ)材にシートを折り曲げてタッカー止めとする。

下屋が架かる2階外壁下端部は、図のように必ず下がり壁を設け、天井気密シートを下がり壁部分に立ち上げる。このためには下がり壁室内側に気密シートを先張りして、下がり壁よりたち下げ、野縁を下がり壁両側に施工した後、天井断熱部に張り上げ、天井気密シートと重ねを取る。



4-4-2 天井断熱材の施工

天井の断熱材施工は吹込工法を基本とする。繊維系断熱材はそれぞれ吹込施工が可能であるが、性能に違いがある。吹込 GW で熱伝導率 $\lambda = 0.052\text{W/mK}$ 、吹込 RW で $\lambda = 0.047\text{W/mK}$ 、吹込セルローズファイバーで $\lambda = 0.040\text{W/mK}$ である。

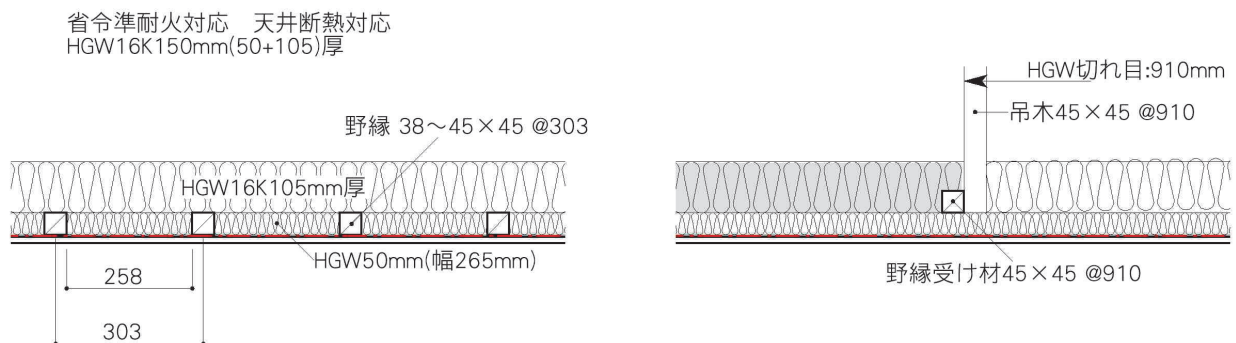
吹込施工の工事店が少ない地域もまだ大分あるし、吹込断熱材の性能は余り高くないので、厚さを抑えたい場合は HGW16kg/m³ のマット品を使う。 $\lambda = 0.038\text{W/mK}$ である。この GW は弾力性が高いので、野縁の上に 910mm 巾のロール品を敷き込むと天井と GW の間に空隙が生じる。この空隙の空気は室温と同じで天井裏の温度に比べてかなり高い。従ってこの温度の高き空気と低い温度の小屋裏空気との間で、GW の中を通して対流が起こる可能性がある。この場合、断熱性能が大幅に低下する。これを防ぐには、天井下地の造り方を工夫する必要がある。GW メーカーから天井断熱専用として省エネ基準の見なし仕様に合わせて厚さ 155mm の耳付きの商品が各社から出ているが、これらは、耳の留め付け部が不明で天井の気密層としても空隙ができやすい工法となるため、採用は控えた方が良い。

特に、省令準耐火では、天井下地を 38×30 または 35×35 以上木材を @303mm で施工することになり、野縁材も太く間隔も狭いため、この現象が起こる危険が極めて高い。天井断熱の工法を工夫する必要がある。

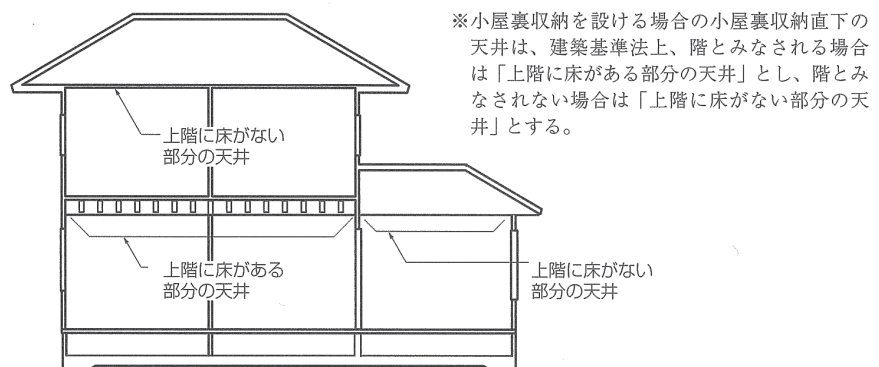
4-4-3 省令準耐火構造の天井と天井下地

省令準耐火構造の天井構成は上階に床があるかどうかで異なる。上階に床の無い天井は石膏ボード 12mm、上階に床のある場合は強化石膏ボード 12mm を張るのが代表的な仕様である。天井下地については両者共通で、野縁が 35×35 または 30×38 以上で @340 以下とし、その他にも野縁受け、吊り木についても規定がある。上階に床がある場合のみ石膏ボード目地部の当て木が要求される。天井断熱は、上階に床の無い場合が殆どである。

省令準耐火に対応するマット状 GW による天井断熱工法

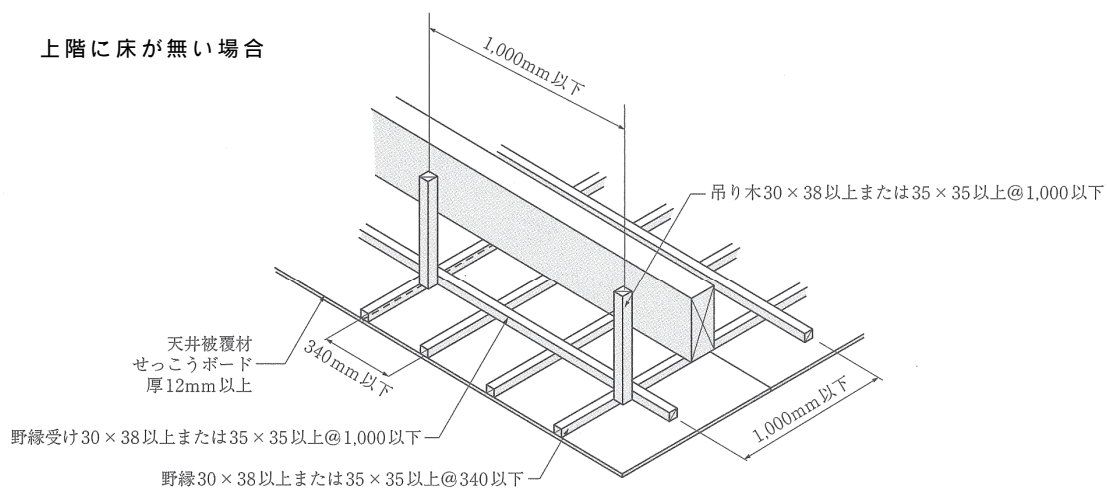


省令準耐火仕様の天井下地（石膏ボード厚 12.5mm 張り）の仕様



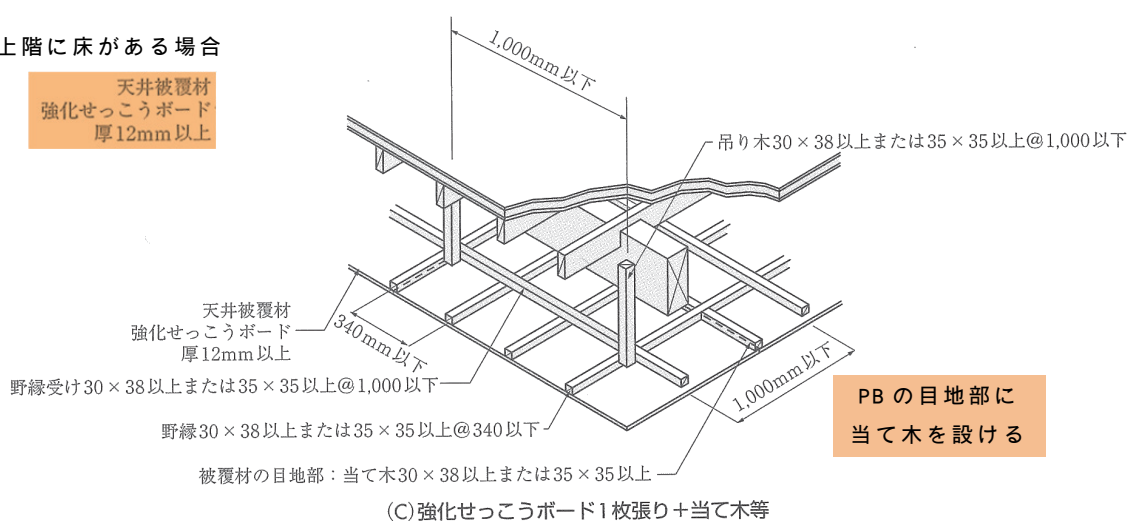
参考図 18.4 上階に床のある、なしの区分

上階に床が無い場合



(A)せっこうボード1枚張り

上階に床がある場合



(C)強化せっこうボード1枚張り+当て木等

参考図18.4.3-1 上階に床がある部分の天井(天井木製下地)

また上階に床がある場合の間仕切り壁ファイアーストップも、規定され、石膏ボードを梁や頭つなぎの角材まで張り上げるか、ファイアーストップの半割木材上部に GW 充填が求められる。従って、上部の床の下の間仕切り壁上部は石膏ボードを張り上げる仕様とした方が良くかもしれない。詳しくは住宅金融支援機構 H28 年版木造住宅工事仕様書 P.226～243 を参照されたい。

4-5 屋根断熱工法

4-5-1 屋根断熱工法での屋根構成

屋根断熱工法での屋根部の構成は、2×4工法の屋根梁工法の屋根を在来木造に適用する方法が一番簡明である。即ち、桁と棟梁に2×10材等を垂木としてかける方法である。この構成の仕様は住宅金融支援機構の枠組み壁工法住宅工事仕様書に依るのが良い。あおり止めなどの金物は2×4工法用の金物を使用し、屋根通気層確保のため野地板は12mm本実加工の構造用合板または同等のものを合板受けを省略する事などがポイントである。

この場合、屋根面での水平力の負担が認められないので小屋梁による水平構面を構成し、火打ち梁による水平剛性を確保する。従って、この場合上記の12mm本実合板の仕様などは適用しなくても良いことになる。

登り梁による合掌を組む方法では、伝統的な在来木造の木組みの中に断熱層と通気層及び通気層を構成することになる。色々な方法が考えられる。

その他に、普通に束を立てて母屋を渡す小屋組の下に野縁組を屋根勾配なりにかけその間に断熱材を施工する工法なども考えられ屋根断熱工法の構成は極めて多様である。

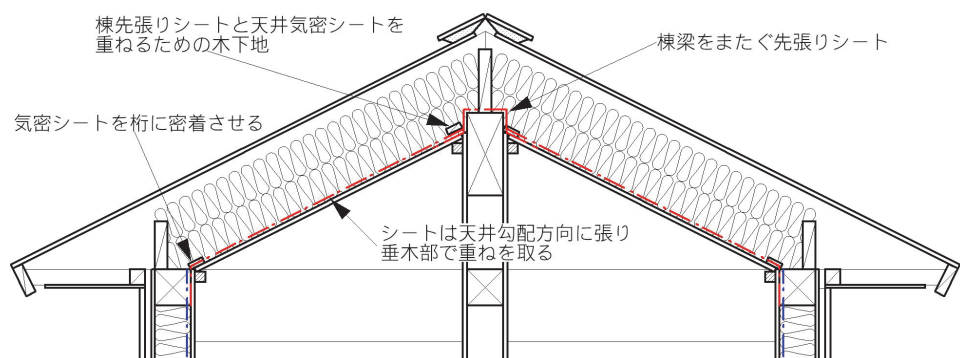
要は、断熱層と通気層下面の気密防湿層をきちんと構成し、施工しやすく考えることが重要である。

屋根断熱工法で、屋根の構造用面材を使って屋根面の水平剛性を確保する仕様は品確法に規定されているが、垂木が45×45～105に限定され、床倍率もそんなに大きくない。2×4工法の屋根面水平剛性がきちんと認められているにもかかわらず、それを在来木造に適用できない点が制度的に問題である。

4-5-2 屋根断熱工法の断熱気密施工

屋根断熱部も天井断熱と同様に一般的には気密防湿シートが気密層となる。天井と同様に室内空気の浮力が圧力となるので気密施工には細心の注意が必要である。(屋根断熱部も屋根倍率確保のため普通の母屋、垂木構成で野地板を張りその上に断熱層を形成する場合、このボードが気密層となることもある。この場合垂木は桁部で止め壁のボード気密層と屋根のボード気密層の連続性を確保する。またこの上に防湿シートを施工してから断熱層を施工し、通気層を確保して野地板を張ることになる。)

屋根断熱層の下面に気密シートを張るが、重ね目の下地に木材が必ずあること、小屋梁や棟梁をまたぐ場合は先張りシートの施工が必要になる。また桁では外壁外側の気密層と木材を介して気密層を連続させるためにやはり先張りシートが必要になる



2×10材などの垂木構成で断熱層の施工では、野地板下面に通気層を確保する部材を挿入してから断熱材を施工する。断熱厚さはHGW16kg/m³ 200mmを標準とする。

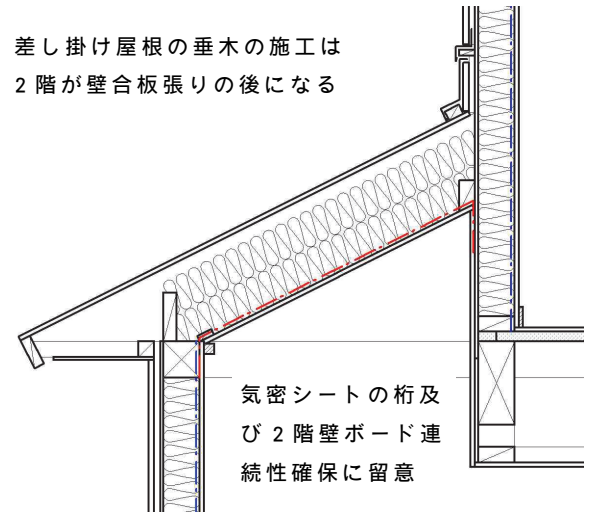
屋根断熱の通気層は30mm以上とし、必ず棟換気金物を設置する。同時に軒天部の換気口は屋根巾一杯のリニアな形状にするか全面有孔ボードとして屋根通気を確保する。

4-5-3 差し掛け屋根部の構成

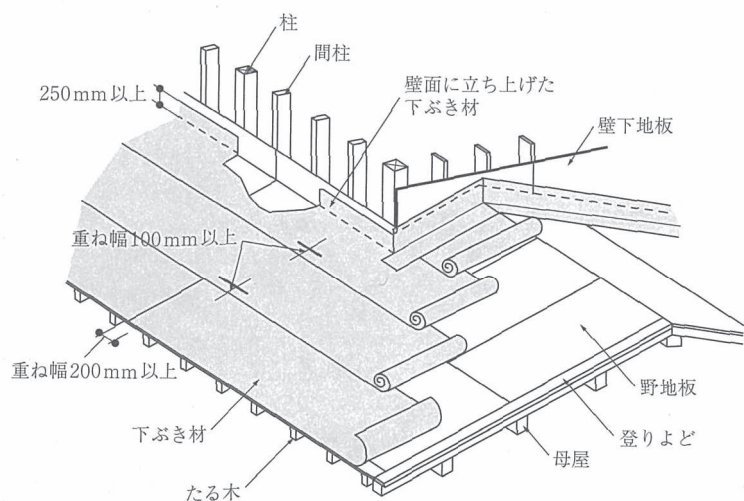
差し掛け屋根部は、屋根断熱とすると室内の空間に大きな段差ができるため天井断熱とすることも多い。また、水平剛性を高めるために桁上に合板を張って桁上断熱にすることもある。またこの屋根部の上が2階バルコニーとして使う場合などもある。

この部分の設計には色々な条件を考慮して最適な構成を採用すべきである。

屋根断熱の場合、屋根を差し掛ける2階外壁のボード施工が先行することに注意する。このボードの上に垂木掛けを打ち付け2×10材などの垂木をかける。気密層は図のように桁及び2階外壁のボードときちんと連続するように施工する。

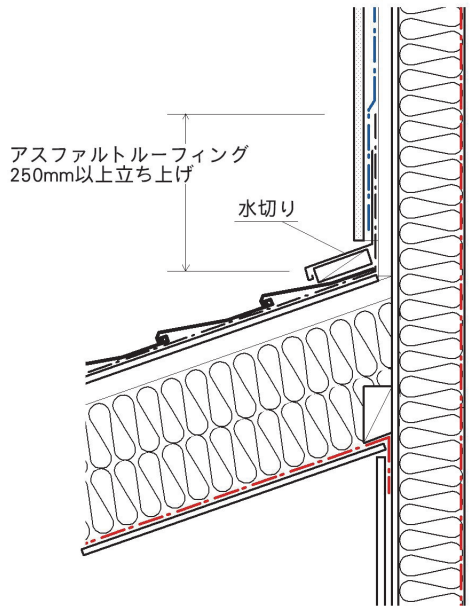


ここで注意すべきは、屋根通気層と2階外壁通気層の取り合い部である。差し掛け屋根防水層の壁での立ち上りを250mm以上取ることを求められる。図のように2階外壁材の水切りを250mm高い位置に取り、屋根通気層の出口を確保する。この部分の外装は水切り鉄板を立ち上げることが多く、防火構造のため下張りは防水石膏ボードなどとする。また、あまり一般的では無いが左図のように通気層を二重にすることで2階外壁の水切りを雨押さえと兼用する納まりも考えられる。

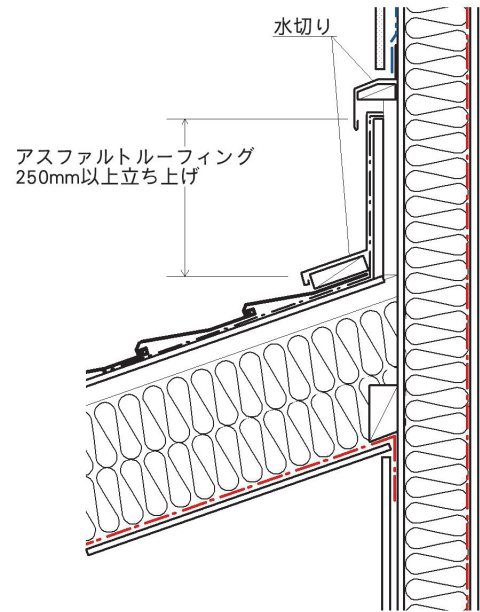


参考図6.2.2-1 下ぶき工法例

屋根防水層の立ち上りの仕様
住宅金融支援機構木造住宅仕様書より



通気層を二重にして屋根通気層の出口を確保した例



2階外壁の水切りを高い位置に設け、屋根防水層の立ち上りを確保

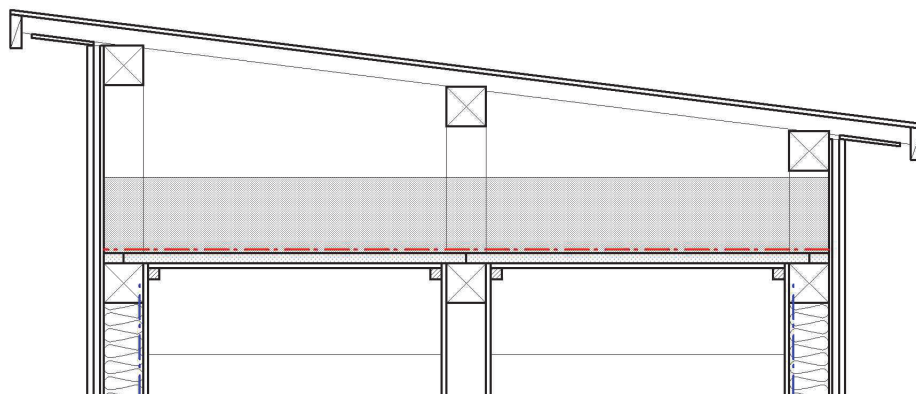
4-6 桁上断熱工法

4-6-1 桁上断熱工法の構成と施工

桁上断熱は天井断熱の変形というべき方法である。小屋梁上面に合板を張り、その上から小屋束を立て母屋、垂木で普通の在来木造小屋組を造る。この合板の上にマット状断熱材を敷き込む工法である。桁の上に垂木が載るとこの部分の断熱厚が確保できないため、必要に応じて桁を二段にするような構成とすることが多い。

また、この工法の場合、天井を張らないで合板面を直接天井としたりすることが多いが、省令準耐火では天井面に石膏ボードを張ることが必要となる。このときの野縁などの規定は無いが、一般天井部に準じて行うしか無いだろう。

施工手順は、合板の上に束を立てる前に防湿気密シートを敷き詰める。気密層は合板がになるので、防湿シートは施工上厚いシートを使う方が良いが、重ね目はシールする必要は無い。この上にシートを挟みながら束を立て母屋を渡し、垂木をかける前に断熱材を敷き込む。束の部分は断熱材をきちんと欠き込みまた二重に敷き込む場合は方向を変えるなどして突きつけ部が同じ位置に来ないようにする。この後垂木、野地板の施工をする。工程は天候に十分配慮し、垂木を一部先行したりして雨に対する養生ができるように行う。



4-6-2 桁上断熱工法の水平剛性

小屋梁上面に合板を直接打ち付けるため、合板による水平剛性が期待できるのだが、品確法ではこの面の水平剛性に関する規定は無い。このため、普通に火打ち梁を施工しなければならない。火打ち梁を省略して高い水平剛性を実現するには、床の水平剛性の規定を適用するしか無い。24mm合板を使って剛床の構成とすれば存在床倍率 3.0 とすることができるが、コストは掛かる。このほかには 45×45@455 で、根太を落とし込み 12mm合板を張って床倍率 1.4 となり、やはり火打ち梁が省略できる。

構造等級一等級程度なら、合板受けを@910程度で入れて十分と思われるが、これを認めてもらうには認定を取るしか無い。

5. 新しい高断熱工法の各部の熱性能と省エネルギー住宅の設計

5-1 新しい高断熱工法に使用する断熱材

平成 11 年の次世代省エネ基準では、気候区分ごとに各部位ごとの熱貫流率または断熱材の熱抵抗値の基準が定められ、これによる断熱厚さを「見なし仕様」として各部の断熱工法を標準として普及してきた。現行の省エネ基準では、躯体の UA 値の基準しか無くなり、部位毎の断熱厚さは自由になった。しかし、やはり実際の住宅設計では一つのよりどころとして、例えば住宅金融支援機構のフラット 35 の仕様書にはこの見なし仕様の厚さの規定が残っている。断熱材メーカーもこれに合わせた商品を販売している。

GW 断熱材も、JIS の規定が変わり自由に商品開発が行われ、より高性能の GW を含めて色々な商品がカタログに掲載されるようになっている。以下に、本工法に使用できる各社の製品を一覧にした。

高性能グラスウール 製品一覧 (在来尺モジュール)

	商品名	用途	耳付	密度	厚さ	幅	長さ	熱伝導率	設計価格	※
剛床 ボード状	パラ 露断プレミア	剛床		32	80	805/823	1820	0.036	¥6,000	
	MAG 床トップ剛床	剛床		32	80	805/820	1820	0.036	¥5,800	
	AFG アクリアホートビュルス	剛床		24	80	805/820	1820	0.036	¥7,700	
	AFG アクリアホートビュルス	剛床		24	105	820	1820	0.036	¥10,120	
	AFG アクリアホート NT	剛床		24	80	805/820	1820	0.036	¥6,320	
AFG アクリアホートビュルスα	剛床		36	105	805	805	0.032	¥14,600		
剛床 マット品	パラ 太陽SUN	床		16	105	810	1370	0.038	¥6,300	
	MAG マグスパーイロ-	床		16	105	805	1370	0.038	¥5,780	
天井専用	パラ ハウスロンZERO	天井	○	16	155	420	1370	0.038	¥9,000	
	パラ ハウスロン天	天井	○	16	155	420	1370	0.038	¥8,270	受
	MAG マグオランジュ	天井	○	16	155	435	1370	0.038	¥9,000	
	AFG アクリアマットα	天井	○	20	155	455	1370	0.034	¥13,800	
	AFG アクリアマット	天井	○	14	155	430/455	1370	0.038	¥9,460	
屋根断熱 垂木間	パラ 太陽SUN	屋根		16	155	420	1370	0.038	¥9,300	
	パラ 太陽SUN	屋根		16	200	420	1370	0.038	¥12,000	
天井断熱 野縁間	パラ 太陽SUN	天井		16	50	265/(410)	2740	0.038	¥3,000	北
	MAG マグスパーイロ-	天井		16	50	265/(410)	2740	0.038	¥2,750	
壁・床 標準品 λ=0.038	AFG アクリアネクスト		○	14	105	395/430	2880	0.038	¥6,820	
	AFG アクリアマット		○	16	100	430	2880	0.038	¥5,920	
	AFG アクリアール			16	105	395/430	2740	0.038	¥7,520	
	MAG マグスパーイロ-			16	105	390/425	2740	0.038	¥5,780	
	MAG マグオランジュ		○	16	105	390/435	2740/2880	0.038	¥6,100	
	MAG ナチュレ		○	16	105	390/435	2880	0.038	¥6,400	
	パラ ハウスロンZERO		○	16	105	390/430	2880	0.038	¥6,250	
	パラ 太陽SUN			16	105	390/425	2740	0.038	¥6,300	
	パラ ハウスロンプレミア		○	16	100	395/430	2740	0.038	¥5,700	受
壁・床 高性能品	パラ 太陽SUN R			20	105	390/425	2740	0.035	¥8,400	北
	AFG アクリアネクストα		○	20	105	395/430	2880	0.034	¥10,200	
	AFG アクリアールα			20	105	395/430	1370	0.034	¥8,750	
	AFG アクリアマット		○	24	50	430	1370	0.034	¥4,730	
	AFG アクリアマット		○	24	100	430	1370	0.034	¥9,090	
	MAG マグラムダ34			28	105	390/425	1370	0.034	¥14,450	受
	AFG アクリアールα			36	105	395/430	1370	0.032	¥9,700	
ロール品	パラ 太陽SUN			16	105	910	11000	0.038	¥6,300	北
	MAG マグスパーイロ-			16	50	910	22000	0.038	¥2,750	
	MAG マグスパーイロ-			16	105	910	11000	0.038	¥5,780	
	AFG アクリアール			16	50	910	22000	0.038	¥3,580	
	AFG アクリアール			16	100	910	11000	0.038	¥7,150	

※ 受：受注生産品
北：北海道在庫品

5-2 本工法の各種断熱材による各部の断熱性能と熱損失量

断熱材のカタログには、熱伝導率とその厚さによる熱抵抗値が表示されている。これを用いて住宅の設計をしたときの熱貫流率は、断熱材の他各部位を構成する材料と合わせて計算される。UA 値は、この各部の熱貫流率と部位面積の積和を部位面積の合計で割った値である。そこで、各種断熱材による代表的な各部の工法の熱貫流率を比較する。また、住宅の設計によって各部の部位面積が変わるが、ここでは省エネ基準の解説書で示されている 120 m²のモデルプランの住宅での熱損失量としても比較する。その他に住宅全体の熱損失として開口部及び換気の熱損失、基礎断熱を採用した場合の熱損失も同じようにそれぞれの仕様の違いで比較する。これらの値が住宅の冷暖房エネルギーに大きく関わってくる。

1) 天井断熱では、吹込 GW が、材料が軽い密度を上げることが難しく熱伝導率が余り良くない。おなじ吹込工法のセルローズファイバーや RW に比べると同じ厚さで大分性能差がある。しかし材料費が安いのでその分厚く施工すれば性能差は余り問題とはならない。また、部位面積が大きくないので熱損失量の違いはわずかである。工法は違うが、HGW のマット品が天井用断熱材の中では一番良く、厚さを抑える必要があれば工法としては性能を稼げる材料である。

2) 屋根断熱では、外張り工法に比べて厚い GW 断熱の優位性が目立つ。外張り工法の厚さを増やすことが難しいのに比べ、GW 断熱では 300mm 程度までは容易に増やすことができる。

3) 床断熱では各種断熱材が、床断熱見なし仕様の製品をそろえ、その性能に差が無い。これに対し GW の 105mm、155mm 断熱性能が高い。床の熱損失は温度差係数 0.7 が掛かるので、厚さの割には少なくなる。床断熱では剛床工法の大引き間充てん工法では大引きが熱橋となり温度ムラが大きく、また熱貫流率が大きいと床表面温度も低くなるが、155mm 断熱はそれらの問題を解消してくれる。

4) 外壁断熱では、見なし仕様では HGW16kg90mm に対して、外張り工法が 40~50mm 程度で製品となっているが、壁充てん工法では、柱の寸法 105mm まで充填できる。近年 HGW の厚さが 100mm から 105mm に変わり、壁の厚さを有効利用できる製品がそろった。外張り工法が柱間柱の熱橋をカバーして断熱の効率は良いが、GW が厚さで補い、熱損失としても若干であるが少なくなっている。GW の高性能品を使った場合、100mm 程度の厚さではその効果はそれほど無く熱損失の減少分はわずかである。外壁は部位量が床、天井の二倍ぐらいあるので、外壁の熱損失を低減するには付加断熱が有効である。

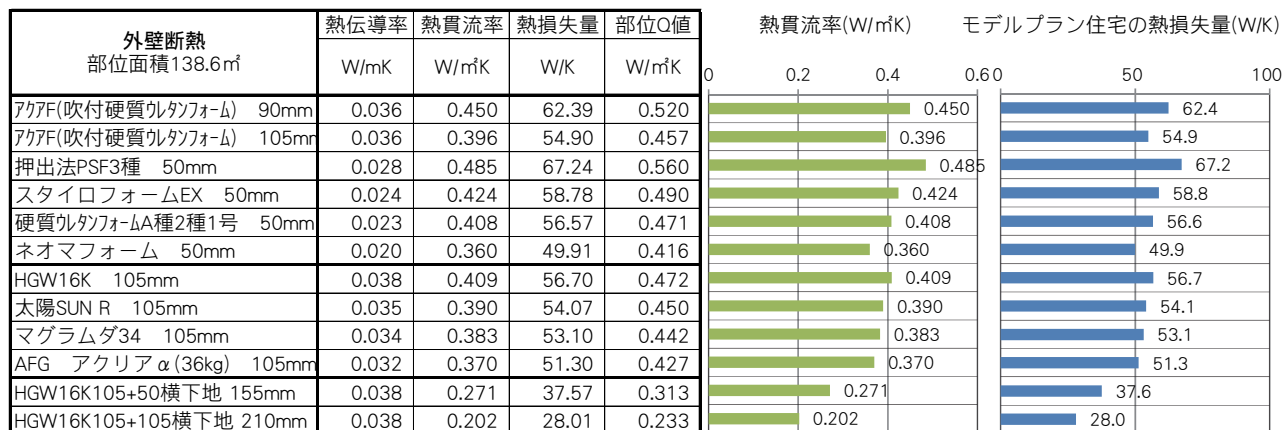
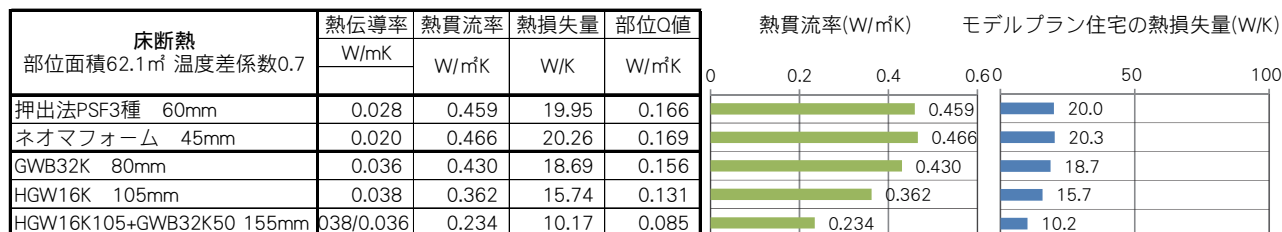
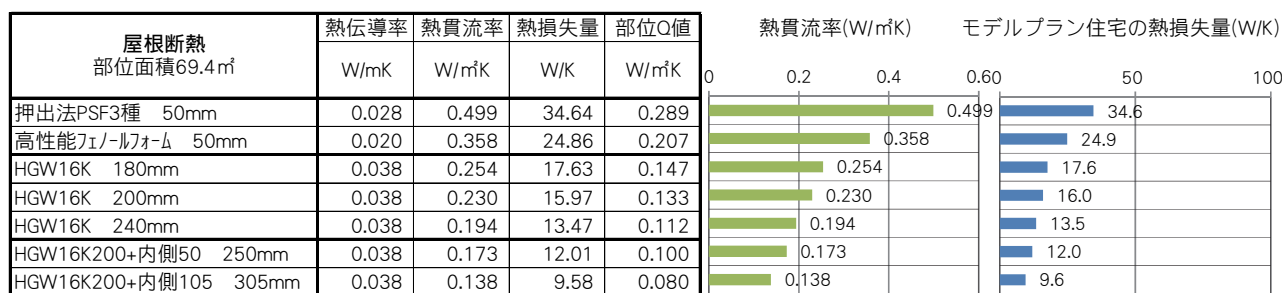
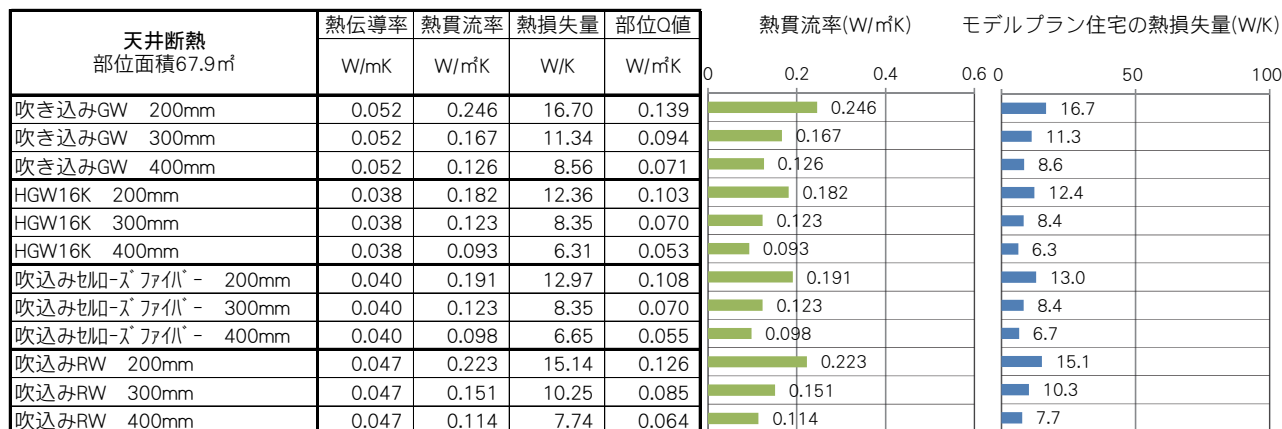
5) 基礎断熱では、前述の通り現行省エネ基準の計算式は間違いで、やがて訂正されるであろう。H14 年基準で見ると、床断熱より大分熱損失が大きい。床下の温度係数が無くなることも影響しているが、これをカバーするのはかなり大変である。QPEX による計算は土間下全面断熱も計算できるが、900mm 巾内スカート断熱との差は殆ど無い。しかし土間下断熱によって土間下地盤との縁を切った方が床下の温度が上昇し床表面温度が上がるのがわかってきた。床下暖冷房をするときは全面断熱とすべきであろう。

6) 開口部の基準は、5~7 地域ではアルミサッシでよいのだが、省エネ基準でここが最も弱いことはその熱損失の大きさからもわかる。また近年断熱サッシのコスト低下と、ガラスの性能向上が著しい。本工法の住宅では、開口部を断熱サッシ + ArLowE16mm ペアとすることで熱損失量を半減することができる。それでもまだ開口部の熱損失が部位の中で一番大きいのだが。

7) 換気による熱損失も、第三種換気 0.5 回/h では、開口部、外壁に次いで大きい。これ

を減らすには換気回数を減らすか熱交換換気を採用するしか無い。近年ノンホルの建材が普及し、一般の住宅では 0.3 回/h 程度までは減らしても問題が無い。そこで 0.3~0.5 回/h に可変できるようにして通常は 0.3 回/h とする方法もある。住宅の気密性能が C 値 = 1.0 cm³/m³以下にできれば、熱交換換気は極めて効果が高く、寒冷地で 30%、温暖地でも 20% 程度暖房エネルギーを削減できる。

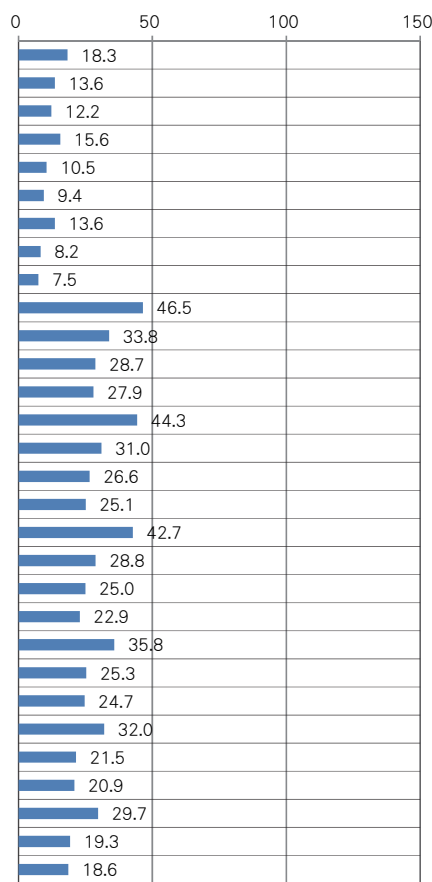
躯体からの熱損失 熱貫流率(W/m²K)と、120m²モデルプランでの熱損失量(W/K)



基礎・窓・換気による熱損失 120㎡モデルプランでの熱損失量(W/K)

基礎断熱 1階床面積 67.9㎡			平均U値	熱損失量	部位Q値
計算式	立上り部	土間水平方向	㎡	W/K	W/㎡K
改正基準 べた基礎	内側XPSF 50mm	無し	0.27	18.33	0.153
	外側XPSF 50mm	無し	0.20	13.55	0.113
	外側XPSF 50mm	土間下50mm W900	0.18	12.21	0.102
	内側XPSF 75mm	無し	0.23	15.60	0.130
	外側XPSF 75mm	無し	0.15	10.52	0.088
	外側XPSF 75mm	土間下50mm W900	0.14	9.45	0.079
	内側XPSF 100mm	無し	0.20	13.55	0.113
	外側XPSF 100mm	無し	0.12	8.25	0.069
	外側XPSF 100mm	土間下50mm W900	0.11	7.46	0.062
H14年基 準 外断熱 内断熱	内側XPSF 50mm	無し	0.68	46.45	0.387
	外側XPSF 50mm	無し	0.50	33.83	0.282
	内側XPSF 50mm	土間上50mm W900	0.42	28.74	0.239
	外側XPSF 50mm	土間下50mm W900	0.41	27.93	0.233
	内側XPSF 75mm	無し	0.65	44.29	0.369
	外側XPSF 75mm	無し	0.46	30.96	0.258
	内側XPSF 75mm	土間上50mm W900	0.39	26.58	0.221
	外側XPSF 75mm	土間下50mm W900	0.37	25.06	0.209
	内側XPSF 100mm	無し	0.63	42.67	0.355
	外側XPSF 100mm	無し	0.42	28.82	0.240
	内側XPSF 100mm	土間上50mm W900	0.37	24.96	0.208
	外側XPSF 100mm	土間下50mm W900	0.34	22.92	0.191
OPEX べた基礎1 外断熱	外側XPSF 50mm	無し	0.53	35.79	0.298
	外側XPSF 50mm	土間下50mm W900	0.37	25.32	0.211
	外側XPSF 50mm	土間下50mm 全面	0.36	24.69	0.206
	外側XPSF 75mm	無し	0.47	32.01	0.267
	外側XPSF 75mm	土間下50mm W900	0.32	21.54	0.179
	外側XPSF 75mm	土間下50mm 全面	0.31	20.90	0.174
	外側XPSF 100mm	無し	0.44	29.74	0.248
	外側XPSF 100mm	土間下50mm W900	0.28	19.27	0.160
外側XPSF 100mm	土間下50mm 全面	0.27	18.64	0.155	

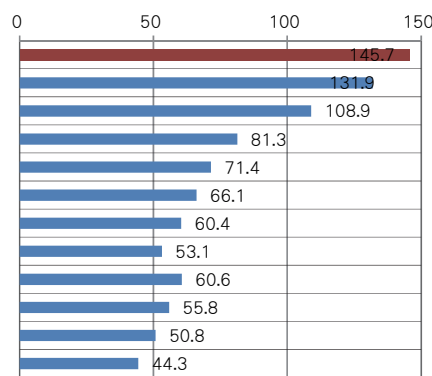
モデルプラン住宅の熱損失量(W/K)



基礎断熱の平均U値は、床断熱に相当するU値

窓 開口部面積 33.64㎡			平均U値	熱損失量	部位Q値
U値算出	サッシ枠	ガラス	W/㎡K	W/K	W/㎡K
OPEX 計算値	アルミ	ペアA6mm	4.33	145.65	1.213
		ペアA12mm	3.92	131.90	1.099
	7L樹脂複合	ペアA12mm	3.24	108.86	0.907
		断熱LowEペア	2.42	81.29	0.677
		断熱ArLowEペア	2.12	71.42	0.595
		断熱ArLowEペア16mm	1.96	66.09	0.550
		1Ar1LowEトリプル16mm	1.79	60.36	0.503
		2Ar2LowEトリプル16mm	1.58	53.11	0.442
	樹脂	断熱ArLowEペア	1.80	60.57	0.504
		断熱ArLowEペア16mm	1.66	55.85	0.465
		1Ar1LowEトリプル16mm	1.51	50.78	0.423
		2Ar2LowEトリプル16mm	1.32	44.35	0.369

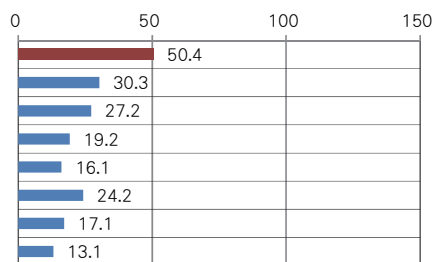
モデルプラン住宅の熱損失量(W/K)



玄関戸の熱性能は窓の性能等級に合わせて選択。H5等級より高い場合はU=1.7としている

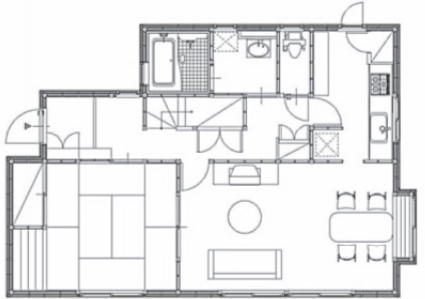
換気 住宅気積 288.18㎡			部位面積	熱損失量	部位Q値
方式	C値	設定換気回数	㎡	W/K	W/㎡K
第3種換気	—	0.5回	288.18	50.43	0.420
		0.3回	288.18	30.26	0.252
第1種換気 (熱交換)	C=2.0	0.5回	288.18	27.23	0.227
	C=1.0		288.18	19.16	0.160
	C=0.5		288.18	16.14	0.134
	C=2.0	0.3回	288.18	24.21	0.202
	C=1.0		288.18	17.15	0.143
	C=0.5		288.18	13.11	0.109

モデルプラン住宅の熱損失量(W/K)

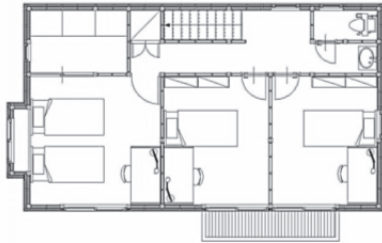


新しいモデルプラン

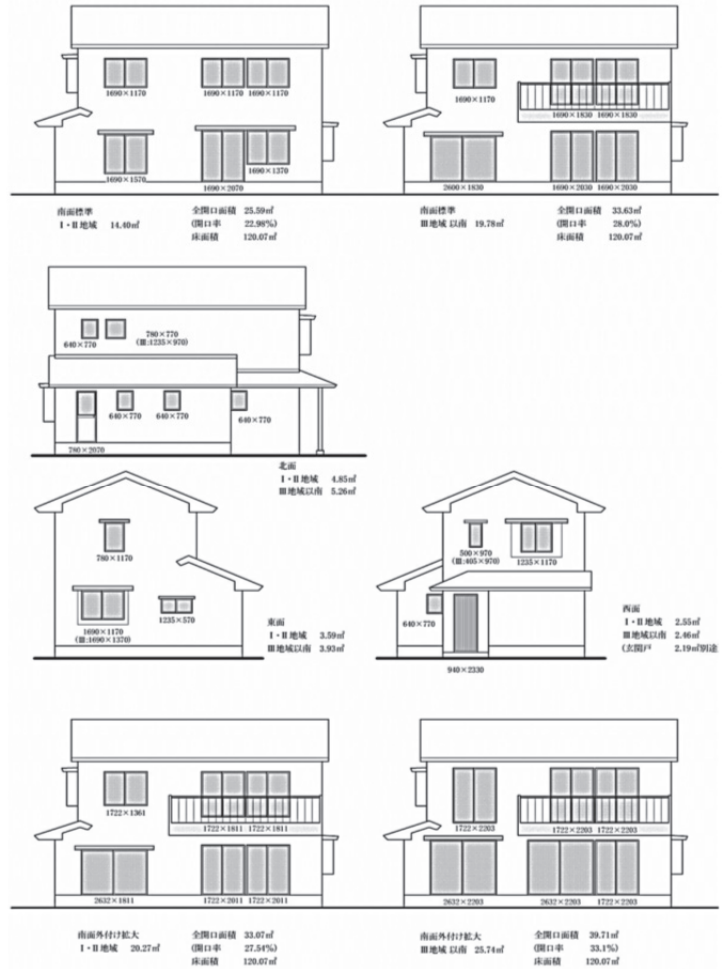
(自立循環型住宅モデル
・改正省エネ事業主基準モデル)



1階平面図



2階平面図



5-3 本工法住宅の暖冷房エネルギー消費量

5-3-1 標準工法のモデル

この工法で省エネ基準住宅を造ると想定すると、5～7 地域では UA 値 = 0.87(W/m² K)とする必要がある。仕様基準を参考に仕様を決めると、下表の A.省エネ基準住宅となる。UA 値をぴったりにするため、壁と天井の断熱厚さを調整した。

この構成を、例えば壁は普通に 16kg105mm の高性能 GW(HGW)を充填することとし、天井の BGW や床を少し増やした構成を B.とする。

この住宅で、開口部を強化して、断熱 ALPVC サッシに ArLowE16mm ペアガラスを組み合わせた構成を C.とする。更に、熱交換換気を採用した構成を D.とする。

この B, C, D が、言わば 5～7 地域の省エネ住宅として本工法で壁厚一杯の 105mm 断熱住宅の標準的な構成の住宅である。4 地域もこの仕様で基準はクリアするが、4 地域は基準の開口部が 5～7 地域とは異なり AL-PVC サッシ + 12mm ペアガラスとなるため、同じように省エネ基準住宅と暖冷房エネルギーの比較はできない。また 1～3 地域も開口部が PVC サッシ + Low-E ペアガラスとなり、各部の断熱も強化される。

この仕様で更に参考として、壁床を強化した構成 E, F の合計 6 つの仕様を表 1 に示す。壁 105mm 断熱で、C, D のように UA 値を約 43% 削減することができる。これは最近の高性能ガラスを最大限利用したもので、コスト的にも坪 1 万円ほどで可能であろう。

開口部は、PVC サッシとしたり、トリプルガラスを採用したりで更に UA 値を小さくすることが可能であるが、温暖地ではトリプルガラスを使ってもかけたお金ほどには暖房エネルギーは殆ど減らず、冬の外気温がそれほど低くないのでトリプルガラスの効用は殆ど無い。

熱交換換気は、カセット型の直流モーター採用の省電力型で、風量 50～60 m³/h 程度で 2 台使用を想定した。熱交換効率は 80% である。これのコスト増分も、ダクト型第 3 種換気設備に比べ 10 万円プラス位で済む。天井・床の断熱厚を増やした工事費と全部合計すると A. に比べて坪 2 万円増ぐらいで済む。

	天井断熱	外壁断熱	床断熱	浴室等 基礎断熱	開口部	玄関戸	換気	Q値 (W/m ² K)	UA値 (W/m ² K)
A 省エネ基準住宅	BGW 195mm	HGW16kg 83mm	GWB32kg 80mm	XPF30mm	アルミサッシ ペアガラス6mm	H-1等級 (U=4.65)	第3種 0.5回/h	2.651	0.870
B 標準断熱住宅(1)	BGW 300mm	HGW16kg 105mm	GWB32kg 105mm	XPF30mm	同上	同上	同上	2.479	0.802
C 標準断熱住宅(2) (開口部強化)	同上	同上	同上	同上	AL-PVCサッシ ArLowEペア16mm	ガゼリウス (U=0.9)	同上	1.683	0.492
D 標準断熱住宅(3) (同上+熱交換換気)	同上	同上	同上	同上	同上	同上	熱交換 0.5回/h80%	1.426	0.492
E 壁床断熱強化(1)	同上	150mm	155mm	同上	同上	同上	同上	1.225	0.414
F 壁床断熱強化(2)	同上	210mm	155mm	同上	同上	同上	同上	1.135	0.379

5-3-2 暖冷房エネルギーはどの位になるか

この A～D の仕様で、省エネ基準のモデルプラン(120 m²)の住宅の暖冷房エネルギーを QPEX で計算した結果が下表とグラフである。

都市は、7 地域福岡、6 地域練馬、5 地域は太平洋側を前橋、日本海側を金沢とした。6, 7 地域は殆どの都市が太平洋側にあるので、一カ所としてある。暖房エネルギーは 7 地域では福岡が一番多い方の都市である。名古屋、大阪などの太平洋ベルト地帯は 6 地域練馬と大差ない。しかし、冷房エネルギーでは大阪、名古屋はむしろ福岡に近くなる。5 地域

は太平洋側と日本海側で大分暖冷房エネルギーが異なる。4 地域は、省エネ基準の UA 値が変わるため、A.省エネ基準住宅の暖冷房エネルギーが変わってくる。そのため削減率はここで表示してある数値とは異なる。B~F の暖冷房エネルギーはこの通りである。参考として掲載した。

暖房エネルギーは冬の間、南、東西面の窓のレースカーテン有無で 2 つの値を計算した。冬でもレースカーテンを引いた家も多く、実際の暖房エネルギーはこの 2 つの値の間になると思われる。

冷房エネルギーは、夏場レースカーテンで日除けした場合と南、東西の窓にすだれを設置した場合、更に設定温度 27℃ より外気温が低い場合に自動的に窓を開けて通風する場合の 3 つについて計算した。細かな数表になってしまったが、じっくり時間をかけて分析的に見て欲しい。

暖冷房費は、この表の数値を暖房で COP=3、冷房で COP=4 位を想定するのが適当ではないかと思う。実際の運転時の COP は意外に低いものである。

表より大まかであるがグラフ 1 を見ると、暖房エネルギーは D.標準断熱住宅(開口部強化+熱交換換気)が省エネ基準住宅の 30~40% で済むことがわかる。一方冷房エネルギーは、同じく D.で見ると、福岡は暖房より冷房の方が多く 2500kWh ぐらい、練馬で 1800kWh ぐらいとなりそうである。面白いのは、前橋(表を見ると 4~5 地域の都市は全部)通風の効果がとても大きいのがわかる。夜間の外気温が低くなることを示していると思われる。

更に断熱を厚くして性能を上げた住宅では、暖房エネルギーが 1000kWh 以下になる。このような状態は殆ど暖房のいらぬ状態に近いと云うことが実証されている。

新しい高断熱工法による住宅で壁断熱厚さ105mmでの住宅の暖冷房エネルギー

福岡 (7地域)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	4,091	100%	4,569	112%	3,931	100%	3,454	88%	3,262	83%
B	標準断熱住宅(1)	3,693	90%	4,156	78%	3,775	96%	3,296	84%	3,098	79%
C	標準断熱住宅(2)	1,930	47%	2,217	42%	3,441	88%	3,038	77%	2,791	71%
D	標準断熱住宅(3)	1,260	31%	1,505	28%	3,022	77%	2,634	67%	2,365	60%
E	壁床断熱強化(1)	833	20%	1,048	20%	2,915	74%	2,517	64%	2,235	57%
F	壁床断熱強化(2)	661	16%	861	16%	2,857	73%	2,454	62%	2,167	55%
東京練馬 (6地域)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	5,335	100%	6,120	115%	2,646	100%	2,336	88%	2,213	84%
B	標準断熱住宅(1)	4,797	90%	5,560	104%	2,553	96%	2,240	85%	2,111	80%
C	標準断熱住宅(2)	2,458	46%	2,950	55%	2,344	89%	2,093	79%	1,623	61%
D	標準断熱住宅(3)	1,542	29%	1,968	37%	2,071	78%	1,829	69%	1,641	62%
E	壁床断熱強化(1)	955	18%	1,329	25%	2,006	76%	1,762	67%	1,562	59%
F	壁床断熱強化(2)	719	13%	1,070	20%	1,971	74%	1,723	65%	1,519	57%
前橋(5地域太平洋側)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	6,305	100%	7,219	114%	2,282	100%	1,958	86%	1,705	75%
B	標準断熱住宅(1)	5,688	90%	6,574	104%	2,198	96%	1,871	82%	1,601	70%
C	標準断熱住宅(2)	2,993	47%	3,561	56%	2,043	90%	1,771	78%	1,396	61%
D	標準断熱住宅(3)	1,932	31%	2,423	38%	1,856	81%	1,589	70%	1,166	51%
E	壁床断熱強化(1)	1,251	20%	1,682	27%	1,815	80%	1,537	67%	1,085	48%
F	壁床断熱強化(2)	976	15%	1,380	22%	1,791	78%	1,506	66%	1,041	46%
金沢(5地域日本海側)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	7,816	100%	8,410	108%	2,387	100%	2,044	86%	1,772	74%
B	標準断熱住宅(1)	7,127	91%	7,706	99%	2,289	96%	1,943	81%	1,665	70%
C	標準断熱住宅(2)	3,992	51%	4,360	56%	2,079	87%	1,802	75%	1,475	62%
D	標準断熱住宅(3)	2,870	37%	3,188	41%	1,908	80%	1,627	68%	1,278	54%
E	壁床断熱強化(1)	2,106	27%	2,389	31%	1,849	77%	1,557	65%	1,194	50%
F	壁床断熱強化(2)	1,814	23%	2,055	26%	1,814	76%	1,518	64%	1,159	49%
仙台(4地域太平洋側)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	9,381	100%	10,286	110%	1,082	100%	866	80%	621	57%
B	標準断熱住宅(1)	8,544	91%	9,425	100%	1,058	98%	837	77%	578	53%
C	標準断熱住宅(2)	4,784	51%	5,347	57%	1,130	104%	939	87%	582	54%
D	標準断熱住宅(3)	3,389	36%	3,885	41%	1,079	100%	885	82%	485	45%
E	壁床断熱強化(1)	2,443	26%	2,894	31%	1,102	102%	898	83%	472	44%
F	壁床断熱強化(2)	2,045	22%	2,480	26%	1,110	103%	898	83%	461	43%
長岡(4地域日本海側)		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン無し		暖房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) レ-スカ-テ-ン有り		冷房負荷(kWh) すだれ		冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風	
A	省エネ基準住宅	11,253	100%	11,931	106%	1,808	100%	1,468	81%	1,224	68%
B	標準断熱住宅(1)	10,314	92%	10,976	98%	1,751	97%	1,407	78%	1,148	63%
C	標準断熱住宅(2)	6,007	53%	6,435	57%	1,756	97%	1,468	81%	1,111	61%
D	標準断熱住宅(3)	4,491	40%	4,862	43%	1,661	92%	1,369	76%	969	54%
E	壁床断熱強化(1)	3,422	30%	3,762	33%	1,668	92%	1,360	75%	934	52%
F	壁床断熱強化(2)	2,969	26%	3,295	29%	1,664	92%	1,348	75%	911	50%

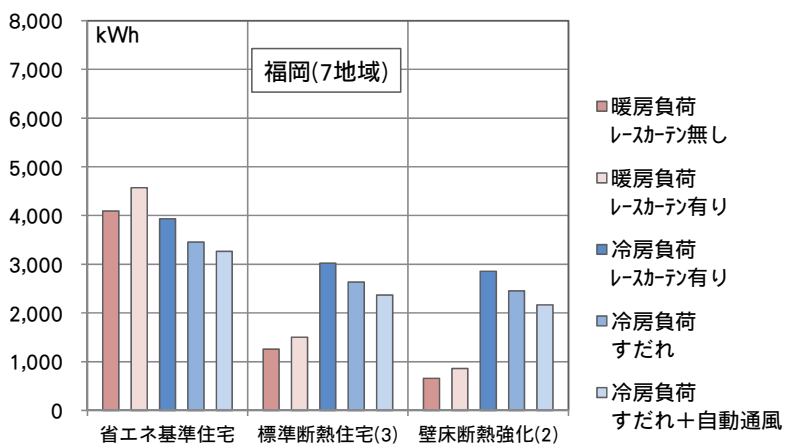
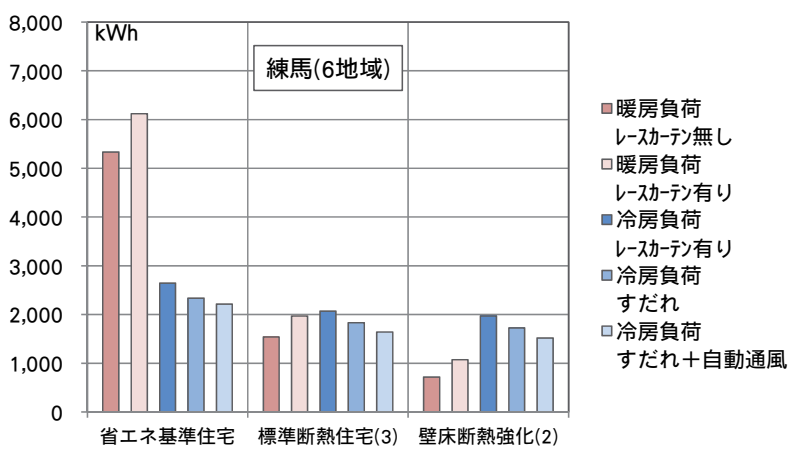
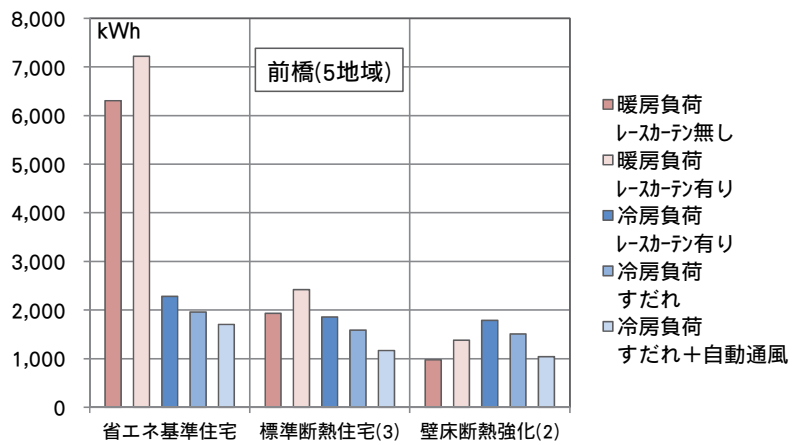
標準断熱住宅(1)：省エネ基準住宅の各部の断熱厚さを製品厚さに置き換えたモデル

標準断熱住宅(2)：標準断熱住宅の開口部性能をレベルアップしたモデル

標準断熱住宅(3)：更に熱交換換気を採用したモデル

注1)暖房18℃冷房27℃の全室暖冷房、冷房は冷房必須期間のみの負荷。日射遮蔽は北窓をのぞく全ての窓

注2)パーセント表示は省エネ基準住宅の着色欄の数値を基準とした。



参考資料

日本住環境：床断熱フック

建築知識ビルダーズ 28号 2017.2

リプラン東北 vol.55 2017.1.21 リプラン北海道 vol.116 2017.3.25

NEW 床断熱補助部材

床断熱フック

PAT・P

新住協推奨「高性能！安定施工！低コスト！」3拍子を揃えた床断熱工法



●新しい床断熱施工のスタート

近年、床断熱工法は、性能を高めるために床上げし、厚い断熱材を施工しているのが現状です。今回、床上げをすることなく、大引き下に断熱材を施工する事で、性能も、施工性も向上し、燃費半分を目標にした高性能床断熱工法を実現致しました。また、剛床や床断熱のヒートブリッジを解消。床断熱フックを使用する事で、安定した木下地が組めます。



←簡単施工

木材をはめ込むだけで施工できます。

↓仮留め用針搭載

大引きへ簡単に仮留めが可能。施工スピードが向上します。

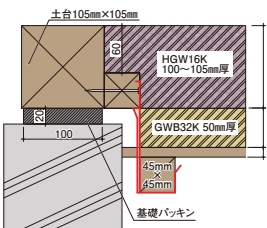
基礎断熱より低コストで高性能を実現！

●床断熱と基礎断熱の仕様別熱損失量比較表

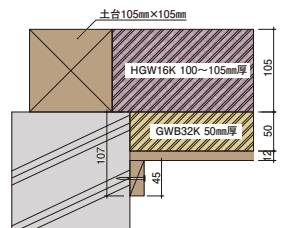
No.	床断熱、基礎断熱使用内容	熱損失 (W/K)
1	H14 基準 押出法 PSF3 種 50mm 外断熱 (基礎断熱深さ = 150mm)	36.41
2	H14 基準 押出法 PSF3 種 SF100mm 外断熱 (基礎断熱深さ = 450mm)	26.24
3	H14 基準 押出法 PSF3 種 SF100mm 外断熱 + 内スカート SF50mm W=450mm	21.88
4	ベタ基礎両断熱 EPS65mm×2 土間下全面 EPS50mm 外スカート 50mm W=450mm	18.63
5	ベタ基礎両断熱 EPS65mm×2 土間下全面 EPS100mm 外スカート 100mm W=450mm	16.85
6	床断熱 GWB32K 80mm+ 玄関浴室基礎断熱 押出法 PSF3 種 30mm(H=450mm)	25.48
7	床断熱 HGW16K 100mm+ 玄関浴室基礎断熱 押出法 PSF3 種 30mm(H=450mm)	23.12
8	床断熱 HGW16K 150mm+ 玄関浴室基礎断熱 押出法 PSF3 種 50mm(H=450mm)	15.96
9	床断熱 HGW16K 105mm+ 大引下 GWB32K 50mm + 玄関浴室基礎断熱 押出法 PSF3 種 50mm(H=450mm) 床断熱フック仕様	15.47
10	床断熱 HGW16K 200mm+ 玄関浴室基礎断熱 押出法 PSF3 種 50mm(H=450mm)	13.29

●製品標準納まり断面図 単位(mm)

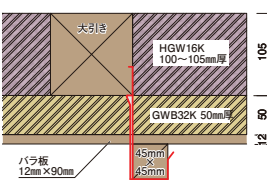
通気土台納まり



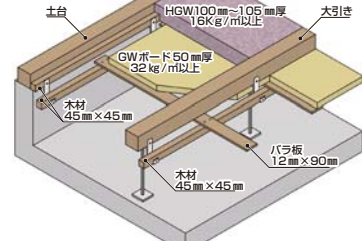
床下換気口納まり ※左回と同じ納まりも可能です



製品納まり(大引部)



●納まりイメージ



●床断熱フック 熱貫流率U値について (W/m²・K)

床断熱フック仕様：熱貫流率U値 = **0.234**

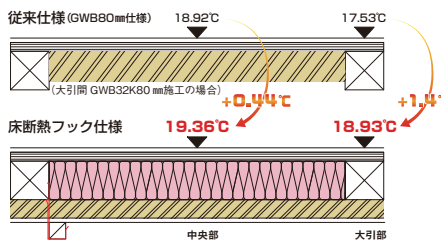
約倍の性能値！

一般的な床断熱工法仕様：熱貫流率U値 = **0.430**

(大引間 GWB32K80 mm施工の場合)

※数値は外皮計算ソフトOpexにて算出した自社数値になります。内外温度差1℃あたり、120㎡モデルプランでの熱損失量です。

●従来の床断熱工法より床表面温度が上がり、快適性が向上



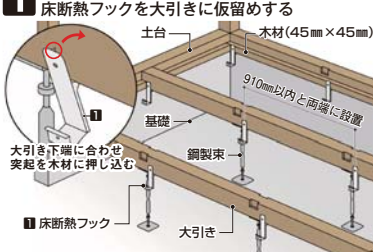
従来の剛床大引間断熱では特に大引が熱橋となるため、大引部の表面温度が低くなり、中央部との差が1.39℃もあります。

床断熱フック仕様では中央部で0.44℃、大引部ではなんと1.4℃も上昇して、冬の足の冷えを緩和します。

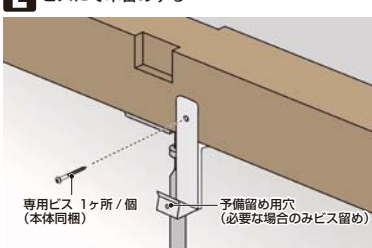
※室温20℃、床下温度0℃の場合

施工説明

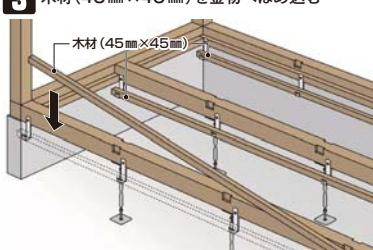
1 土台に木材(45mm×45mm)を留め付け、床断熱フックを大引きに仮留めする



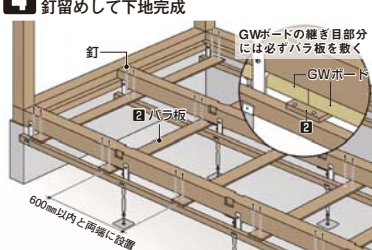
2 ビスにて本留めする



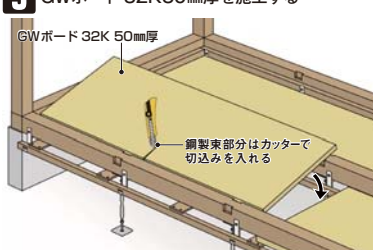
3 木材(45mm×45mm)を金物へはめ込む



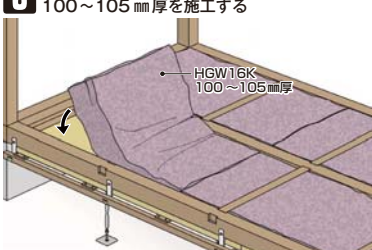
4 パラ板(12mm×90mm)を敷き、釘留めて下地完成



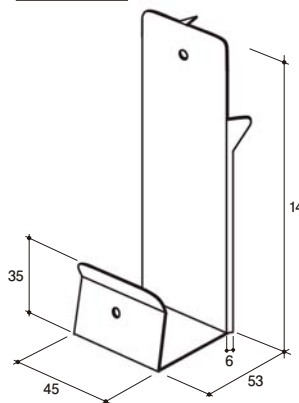
5 GWボード 32K50mm厚を施工する



6 大引き間にHGW(高性能グラスウール)16K 100~105mm厚を施工する



製品図



⚠ 注意事項

- 施工後の床下有効高さが350mm以上確保できる様、設計して下さい。
- 床断熱フックを分解・改造等は行わないで下さい。
- 床断熱フックは鋼板製の薄板の為、端部が鋭利になっております。施工の際は、手などを切る恐れがありますので作業用の手袋などを着用し、十分注意して下さい。
- 床断熱フックの取付けは本体同梱の施工説明書をご覧下さい。
- 床断熱フックの留め付けは、本体に同梱されている専用ビスをご使用下さい。
- 土台、大引きサイズが90°角、120°角の場合も、105°角と同様に施工して下さい。その際に使用するGWは、別途ご相談下さい。

仕様	
製品名	床断熱フック
材質	合金メッキ鋼板(材厚=0.4mm)
規格寸法	(高)142mm×(幅)45mm×(奥行)53mm
色調	本体…シルバー 専用ビス…シルバー
入数	100個入り/ケース
付属品	専用ビス:(長)25mm/[120本入り/ケース]
設計価格	オープン

- 本カタログに掲載しております製品は、改良等により、仕様の変更をすることがございますので、あらかじめご了承下さい。
- 本カタログはイメージ例です。全ての工法等に合致する物とは限りません。
- 施工や納まりに関する注意点については施工説明書をご覧下さい。

住まいの品質を考える
日本住環境株式会社

〒110-0006 東京都台東区秋葉原1-1 秋葉原ビジネスセンター9F

TEL: (03) 5289-3302 (代) FAX: (03) 5289-3307

URL <http://www.njkk.co.jp> **日本住環境** 検索



なか普及しなかった。このころから木材のプレカットが普及したのだが、そのソフトウェアに気流止め木材を入力することができなかったのである。しかしその問題も近年、省令準耐火構造の仕様で制定され、壁上部にファイヤーストップ材を入れることが必須となると、プレカットのソフトウェアにこの納まりが取り入れられた。ファイヤーストップ材は気流止めとして代用できるので、これにより完全プレカットによるボード気密工法が可能になった。

ボード気密工法による新しい標準断熱工法

こうした状況に対応して、30年前のボード気密工法を改良して、これからの新在来木造工法をまとめたのが図1である。また、気密層廻りの詳細を図2に示す。

ボード気密工法の目標は、次の3つである。

- ①省令準耐火構造のファイヤーストップを上部の気流止めとして利用し、不燃断熱材であるグラスウールやロックウールを用いて住宅の耐火性を高める
- ②床・壁に構造用面材を用いて安定した構造耐力を得る

③プレカットだけで現場で容易に高断熱住宅を施工できるようにする

そして、断熱・気密上の要点は次のとおりである。

①外周壁は省令準耐火仕様の石膏ボード12mm厚を桁まで張り上げる工法とする

②天井断熱と取り合う間仕切り壁上部は、省令準耐火構造の45×105mmの木材を入れる

③図1のC部は、下がり壁を設け壁室内側には外壁と同様に石膏ボードを張る

④天井はポリエチレンシートが気密層となるため、厚いシートで隙間が生じないように施工する

⑤外壁下部の剛床との取合い部は図1のD部のように間柱受け材を流し、室内に張る石膏ボードが耐力面材になるように納める

⑥ボード面材の耐力により、筋かいではできるだけ使わず、断熱施工の容易化と性能向上を目指す

特に省令準耐火構造の仕様を取り入れることにより多少のコストアップが発生するが、新築時の火災保険10年十地保保険5年で30万円以上保険料が安くなるぶん十分まかなうことができる

きるし、30年間では約120万円も安くなる。また、プレカット材と面材を張るといいう工法なので、気密施工が初めての大家でも十分対応でき、容易に相当隙間面積(C値)1.0cm²/m以下を実現する。

壁100mm断熱でどの程度高断熱化が可能か

この工法で省エネ基準住宅をつくると想定すると、5〜7地域（関東〜九州地域）ではUA値110・87(W/mk)とする必要がある。仕様基準を参考に断熱仕様を決めると、表1のAとなる。外皮平均熱貫流率(UA値)をぴったりにするため、壁と天井の断熱厚さを調整した。

この構成をもとに壁はそのままだに天井や床のグラスウールを少し増やしたものをBとする。

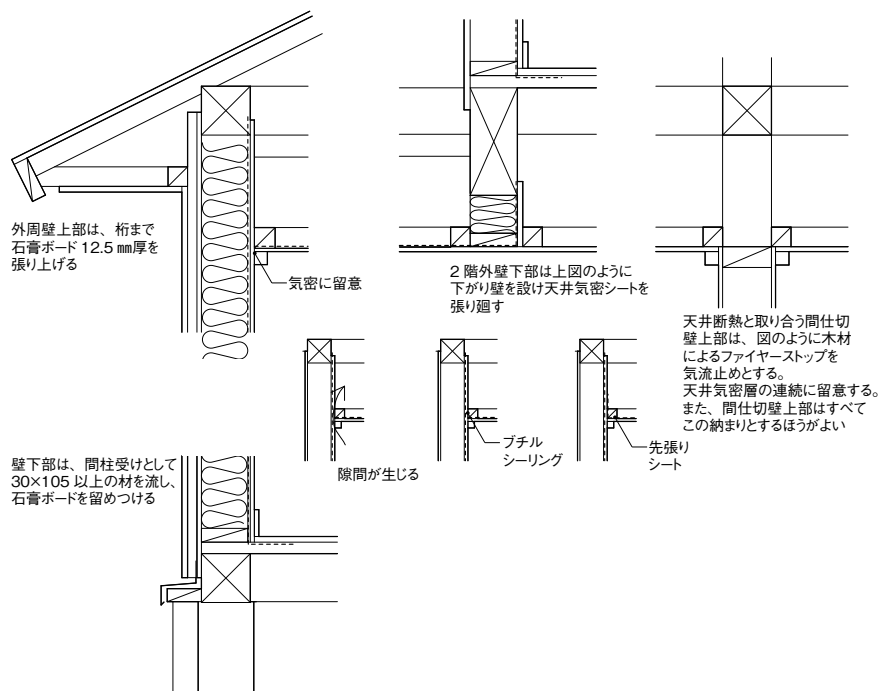
さらに開口部を強化して、アルミサッシ+アルゴンガス入りLow-Eペアガラス16mmとしたものをC、開口部強化に加えて熱交換換気を採用したものをDとする。Dからさらに壁と床の断熱性能を強化したものをグレードに応じてE・Fと合計6つの仕様を決めた。

そのうえで表1を改めて見ていただくと一目瞭然なのが、

天井・壁・床の断熱性能が同じでも、C・Dのように開口部や換気設備を強化するだけでUA値を最大約43%削減できる。これは一般に流通している最新の高性能ガラスを最大限利用したもので、コスト的にもプラス約1万円/坪で達成可能だ。

さらに性能の高い樹脂サッシやLow-Eトリプルガラスを採用すれば、UA値をより小さくすることが可能ではあるが、温暖地においてはその性能強化分と比較して暖房エネルギーはそれほど減らない。樹脂サッシや「LOW-Eトリプルガラスは寒冷地でこそ効果を発揮するのだ。熱交換換気は、カセット型の直流モーター採用の省電力型で、風量50〜60m³/h程度のもので

図2:新しい高断熱工法の気密層廻りの詳細



2020年(平成32年)の省エネ基準義務化に向けて、国交省が住宅省エネルギー技術講習会を全国的に展開している。

講習会は、施工技術者向けに断熱工法の納まりと施工方法、設計者向けに住宅の断熱性能と消費エネルギー計算の方法と2つの講座が用意され、それぞれ詳細なテキストを用いながら長時間にわたる講義が行われている。このうち、断熱気密工法の解説部分で、すでに高断熱住宅をつくっている人は初めて見る納まりにちょっとびっくりし、まだ高断熱住宅をつくったことのない人は、ずいぶん手間の掛かるものなのだなと思うであろう内容が見られた。私の周りの新住協会員も相当数が施工技術の講義の講師として要請され参加したのだが、テキストの内容に驚いた一方で、主催者側から「講習はテキストに忠実に、私見は挟むな」と厳命されたそうである。私もテキストに通り目を通して見たが、断熱気密工法の頁ではかなりびっくりしたり、工法としてあり得ない納まりや、欠陥施工が続出しそうなくらい危ない納まりがちらほら見られ

るのである。

現在普及している充填断熱工法の納まりと施工方法は、基本的には私たちが30年ほど前に開発・提案した工法が土台になっている。それを、私たちはできるだけ簡単になるように改良し続けてきたのだが、そうした成果はテキストにあまり取り入れられていない。一番問題なのは、施工しにくい昔の工法がそのまま掲載されていることだ。グラスウールを壁の上下に詰める気流止めを図を見たときには私もあきれてしまった。住宅金融機構のフラット35の仕様書で、いまだに高断熱の仕様が標準になっていないことと関係するのかもしれない。

このままでは省エネ基準を義務化しても、実際には基準に満たない性能の住宅がたくさん生まれてしまう。やはり構法を革新することが必要だと思ふ。

充填断熱工法の開発と改良の経緯

私は30年前、在来木造住宅の高断熱工法として、シート気密工法とボード気密工法の2つを提案した。

シート気密工法は断熱材の内側にポリエチレンシートを隙間なく張り巡らせて気密を取るというもの。従来の在来木造住宅にそのまま採用できるのでコストを安く抑えられる一方、現場の大工工事の手順をこれまでと変える必要があったため、大工の慣れが必要とされた。しかし、慣れてしまえば気密化が容易な工法でもあるので、高断熱工法のニーズが強い北日本を中心に普及した。そのため、平成11年の次世代省エネ基準にはこの工法が取り入れられている。

ボード気密工法は、壁に耐力面材を張り、1階の床は土台、大引・根太の上端を同面にして、そこに床下地合板を張る。この

壁と床の面材(ボード)を気密層として、火打ち土台や筋かいをなくし、2×4工法寄りに在来工法を改良するものであった。しかし当時の在来木造住宅では、壁に合板を張ることは少なく、筋かいなどに比べて材料費もかかるため敬遠されたようである。

その後、阪神・淡路大震災を契機に、在来木造住宅も壁に耐力面材を張るようになり、床もきしみ防止のための根太レス工

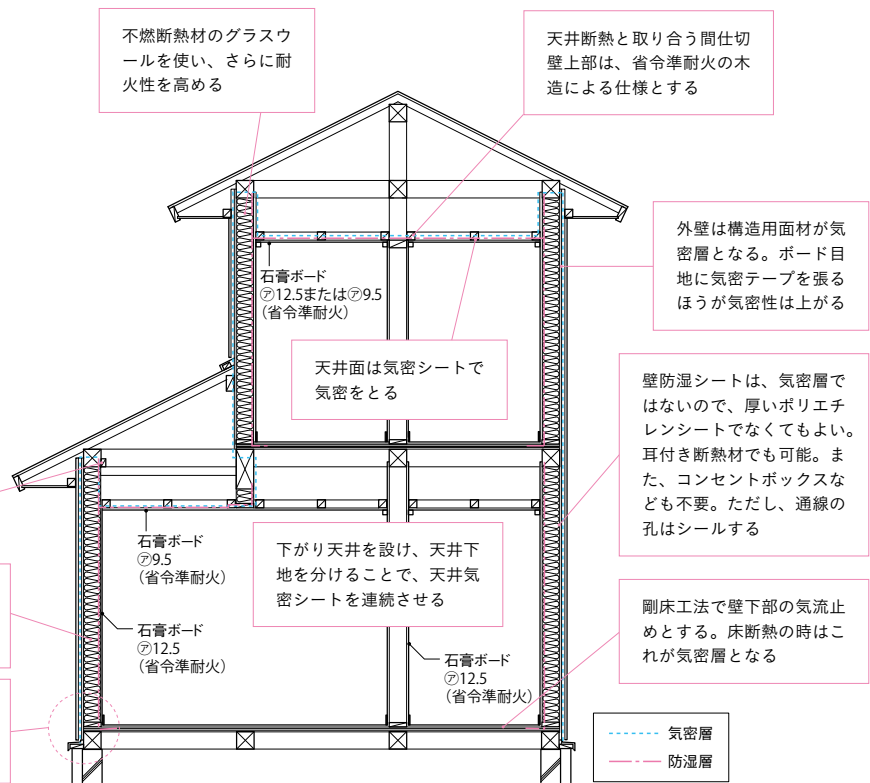


図1: 繊維系断熱材による新しい高断熱工法

法(剛床工法)が急速に普及するなどして、私がかつて提案したボード気密工法が形を変えて、その主要部分が実現してしまっただ。この仕様に加え、壁上部の柱間に気流止めの木材を入れればボード気密工法の完成である。しかし、この気流止めがなか

同じ仕様の住宅を建てた場合のデータとして参考にしてほしい。暖房エネルギーは冬の間に、南・東・西面の窓のレースカーテンの有無で2つの値を計算した。冬でも日中レースカーテンを引いた家が多いためだ。実際の暖房エネルギーはこの2つの値の中間になると思われる。

冷房エネルギーは、夏場レースカーテンで日除けした場合と南、東西の窓にすだれを設置した場合、さらに設定温度27℃より外気温が低いときには窓を開けて通風する場合の3つについて計算した。細かな表になってしまったが、時間をかけて分析的に見て欲しい。なお、暖冷房費は、暖房でCOP1.3、冷房でCOP1.4程度で考えてほしい。昨今はCOP7というエアコンもあるが、実際の運転時のCOP値は低いものだ。

表より大まかであるが図3を見ると、暖房エネルギーはDがAの30〜40%で済むことが分かる。一方、冷房エネルギーは、Dで見ると、福岡は暖房エネルギーより冷房エネルギーのほうが多く約2500kWh、練馬で約1800kWhである。

面白いのは、前橋は通風の効果がとても大きい。これは夜間

の夏の外気温が低くなることを示していると思われる。ちなみにこの傾向は4〜5地域のすべての都市で当てはまる。

さらに断熱を厚くして性能を上げた住宅では、暖房エネルギーが1000kWh以下になる。1000kWh以下の場合、ほとんど暖房がいらぬ状態であると実証されている。

安くして施工しやすい Q1.0住宅をつくる

私たちは一般の住宅の半分以下の暖房費で全室暖房が可能になる住宅を「Q1.0住宅」と呼び、推進している。冷房費は半分とまではいかないが、一般の住宅で間歇的に使うエアコンの冷房費とあまり変わらずに全室冷房ができる。

Q1.0住宅では、具体的に5〜7地域において暖房エネルギーを省エネ基準住宅に比べて40%以下にすることを目標としている。設定温度は生活時間帯が20℃で、家全体の24時間の平均温度を18℃として計算している。

表2を見ると5〜7地域の4都市でDのモデルがQ1.0住宅の目標をクリアしているのが分かる。Q1.0住宅では省エネ基準住宅の暖房エネルギーと比較して40%

図4:コストを抑えた付加断熱工法

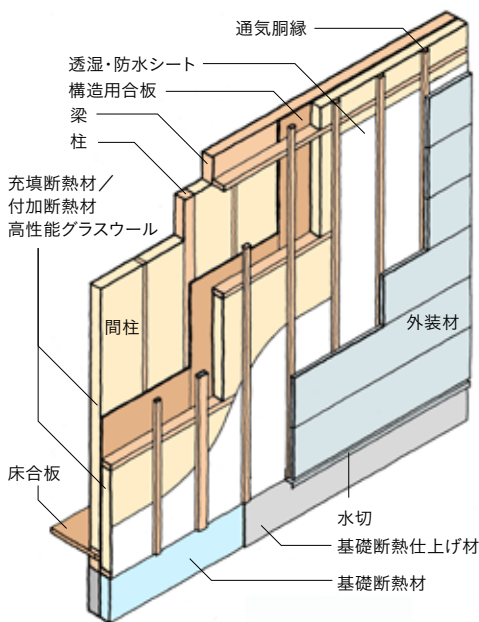
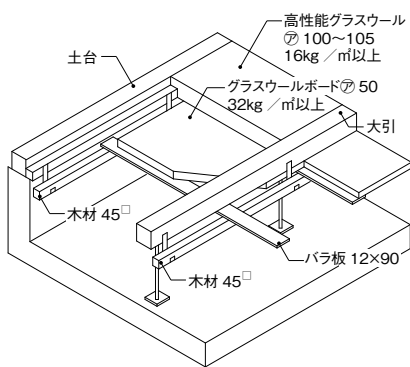


図5: 専用金物を使った床断熱



をレベル1、以降30・20・10%をレベル2・3・4と設定している。外壁を高性能グラスウール210mm厚としたFのモデルは、日本海側の金沢を除くとほぼレベル2が実現できている。

外壁が高性能グラスウール210mmで床が同150mm厚といえ、「断熱オタク」といわれそうだが、北海道ではこの性能がQ1.0住宅の最低ラインとなる。したがってこの10年、北海道ではこうした厚い断熱材を使う工法の施工の合理化とコストダウンに努めてきた。

図4は、その結論とでもいおうべき工法を示している。外壁の合板の外側から45×105mmの木材を900mm間隔でビス留めし、その間に厚さ105mm・幅910mmのロール状グラスウールを適当な長さで切って充填するというのが通気胴縁は厚さ30mm。この工法が一番施工しやすく、コストも安いようである。長いビスを垂直に施工するノウハウも確立した。150mmの付加断熱工法に比べプラス約10万円で施工できるため、本州にも急速に広がっている。床の150mm工法は、図5のような金物を開発し、簡単に大引下に50mm厚のグラスウールボードを受ける木下地をつくれるようになった。

こうした、断熱性能の高い住宅は省エネ性能が上がるだけではなく、室内の壁・床などの表面温度が上昇し、快適性が向上する。実際に表1のFの住宅は、B・Dの住宅に比べて室温20℃、外気温0℃の時で壁が約0.5℃上昇し、床は大引の熱橋を防ぐ効果と相まって1.2℃も上昇する。その差は1℃だが、体感的にはかなり違いがある。

本州以南では、グラスウールの高断熱は難しいといわれて当初普及しなかった。その結果多くの工務店やハウスメーカーが、コストは高いが施工しやすい外張り断熱工法に飛びついた。それでも私たちは安くして不燃の断熱材であるグラスウール断熱が施工しやすくなるように、いろいろな改良に取り組んできた。今回ご紹介した工法は、まさにその成果である。是非参考にしてほしい。

表1:標準工法の断熱仕様と性能

	天井断熱	外壁断熱	床断熱	浴室等 基礎断熱	開口部	玄関戸	換気	Q値 (W/m ² K)	UA値 (W/m ² K)
A 省エネ基準住宅	BGW 195mm	HGW16kg 83mm	GWB32kg 80mm	XPF30mm	アルミサッシ ペアガラス6mm	H-1等級 (U=4.65)	第3種 0.5回/h	2.651	0.870
B 標準断熱住宅(1)	BGW 300mm	HGW16kg 105mm	GWB32kg 105mm	XPF30mm	同上	同上	同上	2.479	0.802
C 標準断熱住宅(2) (開口部強化)	同上	同上	同上	同上	AL-PVCサッシ ArLowEペア16mm	ガデリウス (U=0.9)	同上	1.683	0.492
D 標準断熱住宅(3) (同上+熱交換換気)	同上	同上	同上	同上	同上	同上	熱交換 0.5回/h80%	1.426	0.492
E 壁床断熱強化(1)	同上	150mm	155mm	同上	同上	同上	同上	1.225	0.414
F 壁床断熱強化(2)	同上	210mm	155mm	同上	同上	同上	同上	1.135	0.379

表2:都市別の標準工法の暖冷房エネルギー

都市	暖房負荷(kWh) レースカーテンなし	暖房負荷(kWh) レースカーテンあり	冷房負荷(kWh) レースカーテンあり	冷房負荷(kWh) すだれ	冷房負荷(kWh) すだれ+自動通風					
福岡(7地域)										
A 省エネ基準住宅	4,091	100%	4,569	112%	3,931	100%	3,454	88%	3,262	83%
B 標準断熱住宅(1)	3,693	90%	4,156	78%	3,775	96%	3,296	84%	3,098	79%
C 標準断熱住宅(2)	1,930	47%	2,217	42%	3,441	88%	3,038	77%	2,791	71%
D 標準断熱住宅(3)	1,260	31%	1,505	28%	3,022	77%	2,634	67%	2,365	60%
E 壁床断熱強化(1)	833	20%	1,048	20%	2,915	74%	2,517	64%	2,235	57%
F 壁床断熱強化(2)	661	16%	861	16%	2,857	73%	2,454	62%	2,167	55%
東京練馬(6地域)										
A 省エネ基準住宅	5,335	100%	6,120	115%	2,646	100%	2,336	88%	2,213	84%
B 標準断熱住宅(1)	4,797	90%	5,560	104%	2,553	96%	2,240	85%	2,111	80%
C 標準断熱住宅(2)	2,458	46%	2,950	55%	2,344	89%	2,093	79%	1,623	61%
D 標準断熱住宅(3)	1,542	29%	1,968	37%	2,071	78%	1,829	69%	1,641	62%
E 壁床断熱強化(1)	955	18%	1,329	25%	2,006	76%	1,762	67%	1,562	59%
F 壁床断熱強化(2)	719	13%	1,070	20%	1,971	74%	1,723	65%	1,519	57%
前橋(5地域太平洋側)										
A 省エネ基準住宅	6,305	100%	7,219	114%	2,282	100%	1,958	86%	1,705	75%
B 標準断熱住宅(1)	5,688	90%	6,574	104%	2,198	96%	1,871	82%	1,601	70%
C 標準断熱住宅(2)	2,993	47%	3,561	56%	2,043	90%	1,771	78%	1,396	61%
D 標準断熱住宅(3)	1,932	31%	2,423	38%	1,856	81%	1,589	70%	1,166	51%
E 壁床断熱強化(1)	1,251	20%	1,682	27%	1,815	80%	1,537	67%	1,085	48%
F 壁床断熱強化(2)	976	15%	1,380	22%	1,791	78%	1,506	66%	1,041	46%
金沢(5地域日本海側)										
A 省エネ基準住宅	7,816	100%	8,410	108%	2,387	100%	2,044	86%	1,772	74%
B 標準断熱住宅(1)	7,127	91%	7,706	99%	2,289	96%	1,943	81%	1,665	70%
C 標準断熱住宅(2)	3,992	51%	4,360	56%	2,079	87%	1,802	75%	1,475	62%
D 標準断熱住宅(3)	2,870	37%	3,188	41%	1,908	80%	1,627	68%	1,278	54%
E 壁床断熱強化(1)	2,106	27%	2,389	31%	1,849	77%	1,557	65%	1,194	50%
F 壁床断熱強化(2)	1,814	23%	2,055	26%	1,814	76%	1,518	64%	1,159	49%
仙台(4地域太平洋側)										
A 省エネ基準住宅	9,381	100%	10,286	110%	1,082	100%	866	80%	621	57%
B 標準断熱住宅(1)	8,544	91%	9,425	100%	1,058	98%	837	77%	578	53%
C 標準断熱住宅(2)	4,784	51%	5,347	57%	1,130	104%	939	87%	582	54%
D 標準断熱住宅(3)	3,389	36%	3,885	41%	1,079	100%	885	82%	485	45%
E 壁床断熱強化(1)	2,443	26%	2,894	31%	1,102	102%	898	83%	472	44%
F 壁床断熱強化(2)	2,045	22%	2,480	26%	1,110	103%	898	83%	461	43%
長岡(4地域日本海側)										
A 省エネ基準住宅	11,253	100%	11,931	106%	1,808	100%	1,468	81%	1,224	68%
B 標準断熱住宅(1)	10,314	92%	10,976	98%	1,751	97%	1,407	78%	1,148	63%
C 標準断熱住宅(2)	6,007	53%	6,435	57%	1,756	97%	1,468	81%	1,111	61%
D 標準断熱住宅(3)	4,491	40%	4,862	43%	1,661	92%	1,369	76%	969	54%
E 壁床断熱強化(1)	3,422	30%	3,762	33%	1,668	92%	1,360	75%	934	52%
F 壁床断熱強化(2)	2,969	26%	3,295	29%	1,664	92%	1,348	75%	911	50%

注1:暖房18℃冷房27℃の全室暖冷房、冷房は冷房必須期間のみの負荷。日射遮蔽は北窓をのぞくすべての窓
注2:パーセント表示は省エネ基準住宅の着色欄の数値を基準とした

2台使用することを想定した。熱交換効率率は80%である。コスト増加分も、通常のダクト式第3種換気設備のプラス約10万円程度で済む。もちろん、開口部強化、熱交換換気、天井・床強化を行ったDは、Aにプラス約2万円/坪の工事費で済む。

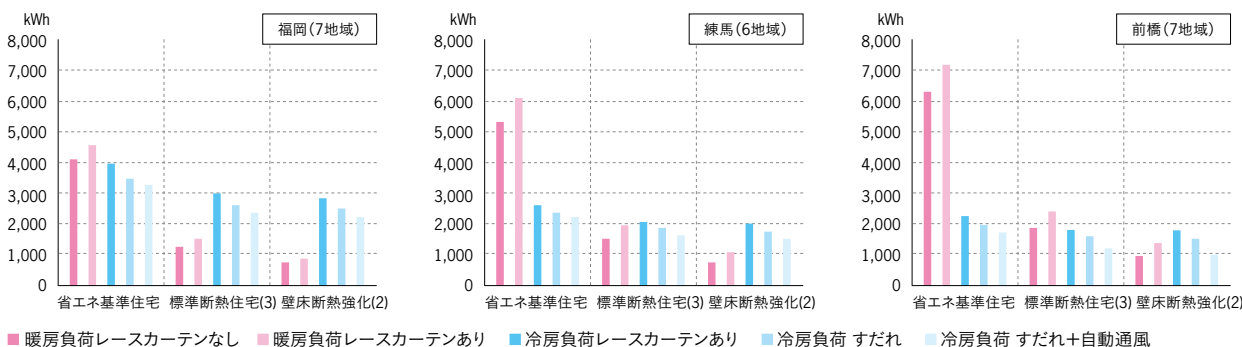
このA~Dの仕様で、省エネ基準で使われているモデルプラン(120㎡)の住宅を例にその暖冷房エネルギーを新住協の熱計算プログラムOPPEXで計

暖冷房エネルギーはどのくらいになるか

算した結果が表2と図3である。都市は、7地域が福岡市、6地域が東京都練馬区とした。暖房エネルギーは7地域の都市では福岡が一番多い部類に入る。6地域は練馬は、同じく6地域の名古屋、大阪などの太平洋ベルト地帯と大差ない。しかし、冷

房エネルギーは大阪、名古屋は福岡に近くなる。4・5地域は太平洋側と日本海側で暖冷房エネルギーが異なるので5地域は前橋市、金沢市、4地域は仙台市、長岡市とした。4地域は省エネ基準のUA値が5

図3:都市別の暖冷房エネルギー比較

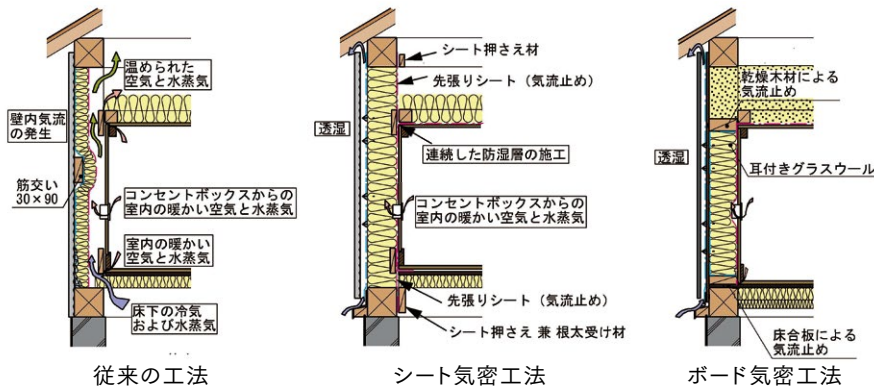




鎌田 紀彦(かまた のりひこ)
地域の工務店、設計事務所と共に、「良質な住宅をより安価に」をモットーとして高断熱住宅の設計・施工を重ね、研究者でありながら現場に精通。新住協の指導等でも活躍。日本の住宅の高断熱化を主導してきたといっても過言ではない。

1947年 岩手県盛岡市生まれ
1971年 東京大学工学部建築学科卒業
1977年 東京大学大学院博士課程修了
1978年 室蘭工業大学建築工学科助教授
2004年 室蘭工業大学建築工学科教授
現在 室蘭工業大学名誉教授
一般社団法人 新木造住宅技術研究協議会(新住協) 代表理事

図-2 気密工法



2 高断熱構法の成り立ち

在来工法の弱点を補完する、壁の上下密閉と気流止め

日本の在来木造住宅は、普通のつくり方では断熱材をいくらか厚く施工しても、その性能が全く発揮されません。そればかりか、その工法に起因して、壁内や天井裏の見えないところで結露が発生し、木材が腐る問題が昭和50年代の石油危機の中、北海道で数多くありました。その原因を説明するのが図-1です。土塗り壁から戦後、日本の在来

木造工法はボードを使った空洞の壁に大きく変わりました。この空洞が、床下や天井裏に開放されていることが大きな特徴なのです。欧米の木造住宅も同様の空洞壁でしたが、壁の上下は木材で密閉されている点が大きな違いです。

風が吹くとこの空洞を通じて隙間風が入りとても寒くなる。こたつや火鉢でなんとかしのいできたが、やがて灯油ストーブが普及し部屋を暖める暖房が始まりました。同時に燃料費を節約しながら結露を防ぎ、快適性を向上させようと断熱材が施工されるようになり、昭和55年の省エネ法では住宅の断熱材施工が義務づけられました。

暖房によって室温が高くなると、壁内の空気も温まります。しかし、上下が開放されているため上昇気流が発生し、熱が天井裏に逃げ、同時に室内の湿気を含んだ空気や床下の冷たい空気が吸い上げられます。これが、断熱材が全く効かず、壁内や天井裏で多

量の結露が生じた原因なのです。私たちは、いまから30年ほど前からこれらの改良に取り組みました。要点は次の3点です。

- ①壁の上下を密閉すること
- ②住宅の隙間を塞ぐ気密層を設けること
- ③結露を防ぐ通気層工法を採用すること

驚くべきは、日本の家づくりの標準仕様の役割を担ってきた住宅金融支援機構の仕様書が、つい最近まで最も大事な、「壁の上下密閉」を義務付けていなかったことです。

図-2の左の図を改良したのが右の2つの工法になります。私たちのおすすめる一番右の床壁に合板を張る工法(ボード気密工法)でしたが、当時コストアップを理由にあまり採用されず、PEシートで上下密閉と気密層、防湿層を兼ねる工法(シート気密工法)が多く採用されました。この工法は施工手順がこれまでと違い、大工が慣れるまで時間がかかりました。このあたりが高断熱構法普及の障害となったのですが、阪神大震災以降、壁に合板を張る工法や軋み防止のため床の大引きに厚い合板を直接打ち付ける工法が普及し始めました。しかし、在来木造の木材加工がプレカット工場に移行する中、壁上部の気流止め用の木材が、プレカットのソフトラウエアでは実現できなかったため、次はこの点が障害となってきました。

Q1.0住宅デザイン論

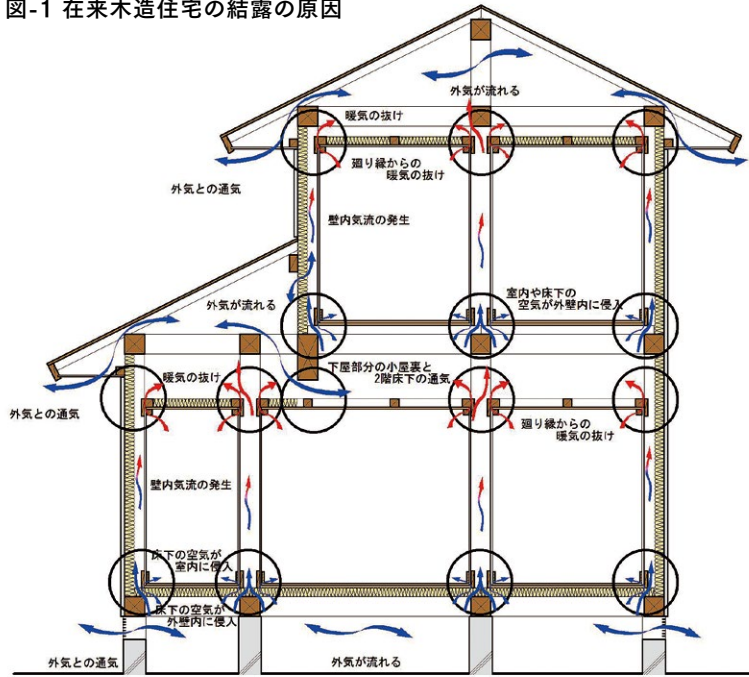
第7回 「誰もが容易にQ1.0住宅をつくれる新しい高断熱構法」

技術の習得なしには高断熱住宅をつくることはできません。快適で安心・健康に暮らせる、ローコストで省エネな住宅の建築のための、最新工法を紹介します。

30年以上にわたって在来木造住宅の高断熱・高気密化を研究し、性能とデザインは両立できることを説き続けてきた鎌田紀彦氏。高断熱・高気密住宅の建築コストの適正化にも取り組み、現在、暖房エネルギーが1/2～1/4で済むような高性能住宅が、普通の人でも十分手の届く価格でつくれるようになっていきます。

この連載では、氏のこれまでの活動の中で設計した住宅、あるいは氏と共に新住協を支えている会員の設計などを紹介しながら、そこから生まれた新しい技術や、高断熱・高気密住宅ならではのデザイン、計画手法を紹介していきます。

図-1 在来木造住宅の結露の原因



本連載では、Q1.0住宅デザイン論としていろいろ述べてきましたが、ユーザーがこうした高性能住宅を建てたいと思ったとき、その依頼先になるハウスメーカーや工務店、設計事務所が必ずしも高性能な住宅をつくれるとは限りません。私たちが高断熱・高気密住宅を提唱して以来、既に四半世紀が過ぎようとしています。その間に開発された高断熱に関する技術を習得してきている住宅の設計・施工の専門技術者はそれほど多いわけではないのです。

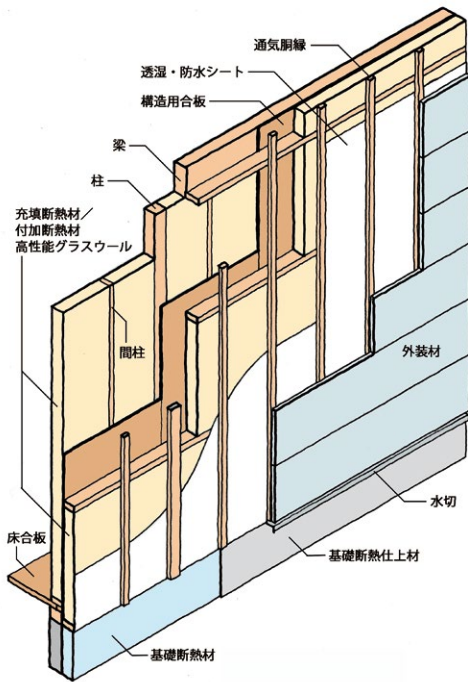
こうした業者の多くは、ユーザーに「高断熱住宅をつくれる」とはいうものの、実際に建った住宅の性能が不十分だったり、断熱材メーカーや住宅供給フランチャイズの言いなりで、とても高価な住宅になったりしている状況も多いようです。私たちは、ローコストで快適・安心・健康に暮らすことができ、なおかつ省エネな住宅を目指して、技術開発を進めそれを公開してきました。ここで改めて最新の工法を紹介して、誰もがそのような住宅をつくる社会に向けて、技術者やユーザーに容易に取り組めるようにしていきたいと考えています。

有名な建築家でも、売れているハウスメーカーでも、また自分の町の工務店にしても、基本的な高断熱住宅の技術無しには、そのデザインは無意味化し、住宅の価値もなくなります。Q1.0住宅には程遠くなってしまうのです。

1 誰でもQ1.0住宅をつくれることができるために

高断熱住宅の技術習得が家の価値と暮らしの質につながる

図-4 210mm厚の壁工法



④天井はPEシートが気密層となるため、厚いシートで連続して隙間が生じないようにする

⑤外壁下部の剛床との取り合い部はD部のように間柱受け材を流し、室内に張る石膏ボードが壁耐力面材になるように納める

⑥ボード面材耐力により、筋交いはできるだけ使わない

以上のポイントを守れば、初めての施工者でも容易に高断熱住宅をつくることのできるのももちろん、 $0.5 \sim 1.0 \text{ cm}^2 / \text{m}$ の気密性能(C値)も実現できます。不燃の断熱材であるグラスウールやロックウールを採用することで、在来木造の弱点である耐火性能の低

さがカバーされ、断熱材の厚さを壁105mm、天井200mmとすれば、3地域以南の省エネ基準をクリアする構成となります。

私たちは、発泡断熱材の外張り工法や最近の低密度現場発泡ウレタン等の壁充填吹き付け工法などのように、火災に弱い工法は、木造住宅には採用すべきではないと考えています。発泡断熱材にも可燃性についていろいろな基準があり、最も燃えやすいウレタンや、燃えにくいとされるフェノール樹脂も火災時には結局全部燃えてしまい、しかも大火災を引き起こすことが知られています。省令準耐火構造仕様にするということは、より安全な住宅をつくることのできるということです。

4 200mm外壁付加断熱構法

寒冷地や住宅性能の向上のための、210mm厚の壁工法

このような高断熱の躯体をつくることのできれば、Q1.0住宅は容易にできます。気密性能も十分で、熱交換換気による省エネはそれだけで約20~30%の効果を実現できます。窓も樹脂サッシやアルミ樹脂の断熱サッシにアルゴンガス入りの16mmLOWEエヘアガラスを採用すれば、北海道などの寒冷地以外では、ほぼ十分な性能が得られます。5地域以南ではこの標準躯体でQ1.0住宅は完成します。

寒冷地や更に高い省エネ性能を求めるときは、壁を中心に厚い断熱材の施工が必要となりますが、ここで図-4のような210mm

厚の壁工法が開発されています。150mm厚の壁に比べてコストはほんの少し高くなるだけで実現できます。下地の木材を減らし、締め付け力の高いビスを選択することで省力化とコストダウンを実現しています。詳細は新住協の技術情報を参照してください。

5 高断熱住宅とデザイン

デザインを自由度を制約しないのが真の高断熱住宅

設計事務所の中には、高断熱住宅に否定的な発言をする人々も存在します。その発言が、自分たちの技術の未習得を隠すためのものではないかと思いたいののですがどうでしょうか。

高断熱住宅は吹き抜けなどで開放的なデザインの実現はもちろん、大きな開口部でも寒さを感じない、むしろ窓から入る太陽熱で更に省エネを実現できる家です。デザインの自由度を制約することなく、むしろ自由なデザインを可能にする設計手法なのです。ぜひとも、新しい技術で快適・健康・安全な、そして素晴らしいデザインの住宅がたくさん建設されることを望んでいます。

3 新しい在来木造の標準高断熱構法

省令準耐火構造仕様による

大火災の心配のない安全な住宅を実現

近年、在来木造住宅にもようやく耐火性能の規定ができました。2×4工法は簡易耐火構造として融資などで長らく優遇されてきたのですが、在来工法はそうではありませんでした。私たちは、高断熱構法と気流止めを耐火性能上、有効なファイアーストップとして認めるよう国に要請し、2010年ようやく省令準耐火構造仕様として認められました。この仕様の基本である、壁内から天井裏に火が燃え広がらないようにするファイアーストップを設ける工法が、高断熱構法や気流止めと全く同じ働きをします。この省令準耐火構造仕様で家を建てると竣工時の火災・地震保険料が5年で約20万円、30年間では100万円以上も安くなるので、急速に普及し始めています。プレカット工場もこの仕様でプレカットが可能になり、高断熱ボード気密工法の最後の障害が取り除かれました。図-3がその概要で、要点は次の通りです。

- ① 外周壁は省令準耐火構造仕様の12mm石膏ボードを桁まで張り上げる工法とする
- ② 天井断熱と取り合う間仕切り壁上部は、省令準耐火構造仕様の45×105木材を入れる
- ③ 図のC部は、下がり壁を設け壁室内側には外壁と同様に石膏ボードを張る

図-3 繊維系断熱材による新しい高断熱構法

