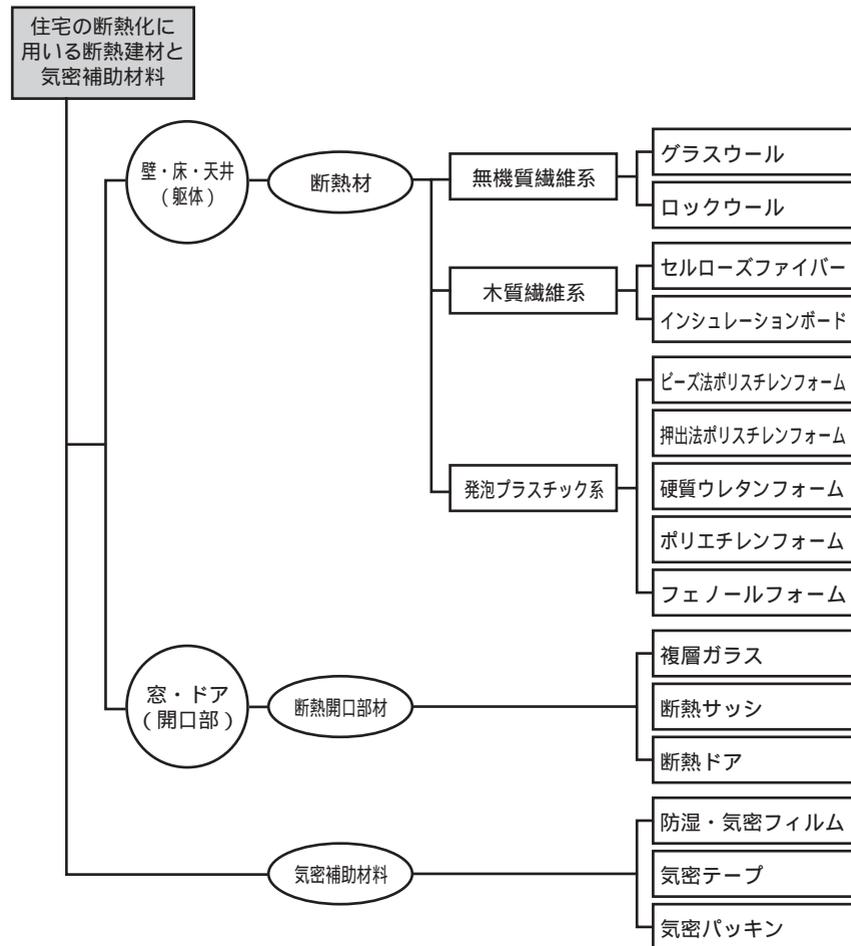


物質(材料)による熱伝導率の比較



断熱建材と気密補助材料



1 熱伝導率と断熱材の種類

熱伝導率は材料によって大きな差異がある

熱が物質の中を、温度の高い部分から低い部分へと伝わることを熱伝導といいます。熱伝導による熱の伝わり方は材料によって大きな差異があります。その伝わりやすさは「熱伝導率」と呼ばれる指標で表します。左のグラフは構造材に使われる物質の熱伝導率を示したものです。例えば、鉄は木の375倍もよく熱を伝えます。ですから、こうした物質(材料)でそのまま家を建てると、簡単に室内の暖かい熱(温熱)を逃がしてしまうこととなります。そこで、こうした熱エネルギーのロスをなくすために、断熱材を用いて熱を遮断する工事が必要になります。それが「断熱」と呼ばれているわけです。また、このグラフで分かるように、熱が伝わりにくい物質は空気です。ですから、断熱するならば空気を使うのが一番効果的です。しかし空気は温まると軽くなって上昇するなど、対流する性質をもっています。そこで空気

が動かないように、空気を閉じ込める工夫が必要になります。断熱材では空気を小さな粒にしたり、繊維で障害物を作ったりして、空気が動かないようにしています。

断熱材には繊維系と発泡プラスチック系

断熱材には、壁・天井・床などに使う断熱材と、窓・ドアなどに使う断熱開口部材があります。その他、気密性をより高めるための気密補助材料も、断熱工事に使われます(左表参照)。

断熱材には多くの種類がありますが、大きくは繊維系と発泡プラスチック系に分けられます。繊維系の断熱材には木質系と無機質系がありますが、いずれも細い繊維の間に空気を閉じ込めています。繊維系断熱材は、断熱性のほか吸音性にも優れています。一方、発泡プラスチック系は、一般に独立した小さな気泡で構成されており、この気泡の中に空気を閉じ込めて断熱性をもたせています。いずれも軽いので施工上の問題はありませ

2

断熱材は建物全体を包むのが原則

家にも暖かい衣服を

通常の広さの戸建て住宅の断熱では、人間が洋服を着るように、建物全体をすっぽり包むのが原則です。これによって、建物が言わば暖かい衣服を着たような状態になり、室内の暖かさが外へ逃げなくなり、暖かさを保つことができるようになります。

具体的には、壁・屋根・天井・床・窓・玄関といった家の内と外とを分ける場所、つまり熱が入り出す場所に断熱材を施工します。また、建物の上部については、天井を断熱する場合と、屋根を断熱する場合があります。前者の場合は、小屋裏に換気口が必要です。下部についても、床を断熱する場合と、基礎を断熱する場合があります。前者の場合には、換気口を設けるなどして、床下を換気する必要があります。窓やドアなどの開口部は、壁などに比べて断熱性を高めにくいところなので、隙間なくしっかりと断熱して気密性を高める必要があります。

隙間を作らず、正しい施工法を行う

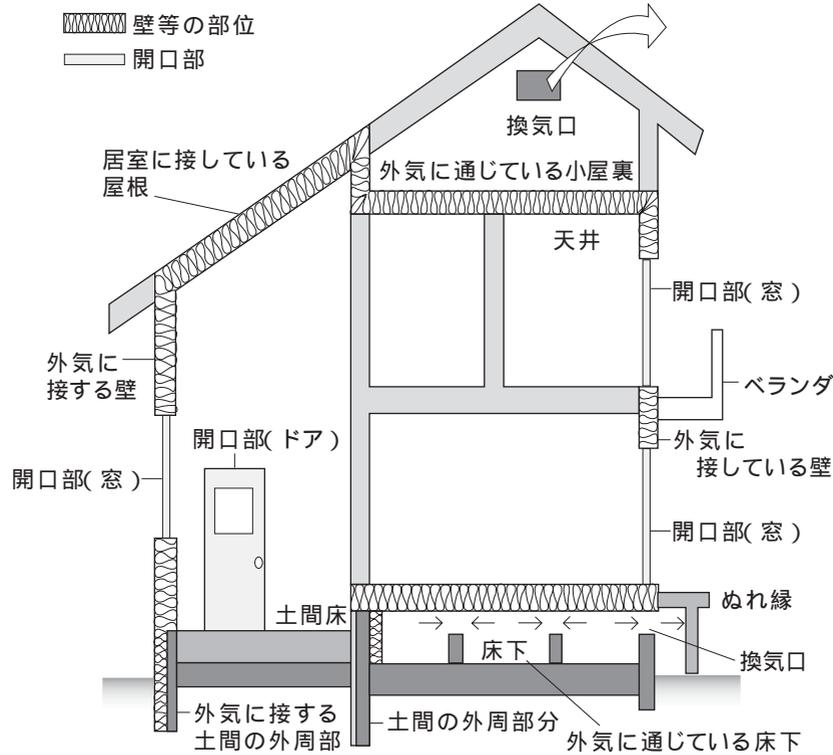
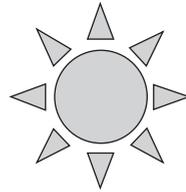
ところで、世間では「この断熱材やこの断熱工法でないとダメだ」とか「あの断熱材は悪い」などと、断熱材についての優劣がもつともらしく取り上げられています。それは大きな間違いです。断熱材は、材質単体だけでは優劣は決められません。決められた施工方法に従えば、どの断熱材も効果を発揮し、壁が腐るなどのような問題は発生しません。

ただし、断熱材には湿気を通す性質があるものがないものがあるので、注意が必要です。湿気を通す性質のものを使用する場合には、壁の室内側に湿気を侵入させない防湿層を設ける必要があります。いすれにしても、大切なことは、壁・床・天井などに隙間なく、きちんと断熱施工を行うことです。隙間だらけの中途半端な断熱施工は非常に危険です。断熱施工に知識と実績があり、信頼できる業者を選びましょう。

断熱施工のモデル図

住宅の断熱の基本

1. 断熱材で建物全体をすっぽりと包む
2. 窓は二重サッシや複層ガラスにする
3. 隙間のできないように気密性を高める



3 正しい断熱をする上での留意点

断熱・気密・防露は三位一体

住宅の断熱化を考える際には、断熱・気密・防露の3要素を三位一体で考えなくてはなりません(左図参照)。これらは相互に関係し合っており、このうちのどの要素が不足しても正しい断熱住宅とは言えません。例えば、断熱材を使いさえすれば、必ず暖かくなるというわけではありません。同時に気密性が高くなければ、暖かくなりません。

気密性を高めるといのは、天井・床壁などの外皮において、部材と部材の間に生じる隙間をなくすことを意味します。気密性の低い家は絶えず家中の空気と外気が入れ替わり、暖房や冷房を行っても熱ロスが多いのは当然です。壁にどんなに断熱材を入れても隙間だらけの施工では外気がたやすく入り込み、断熱材の効果は望めません。断熱は気密と一緒になければ意味がなくなります。また、防露とは結露を防ぐことです。例えば、冬に湿

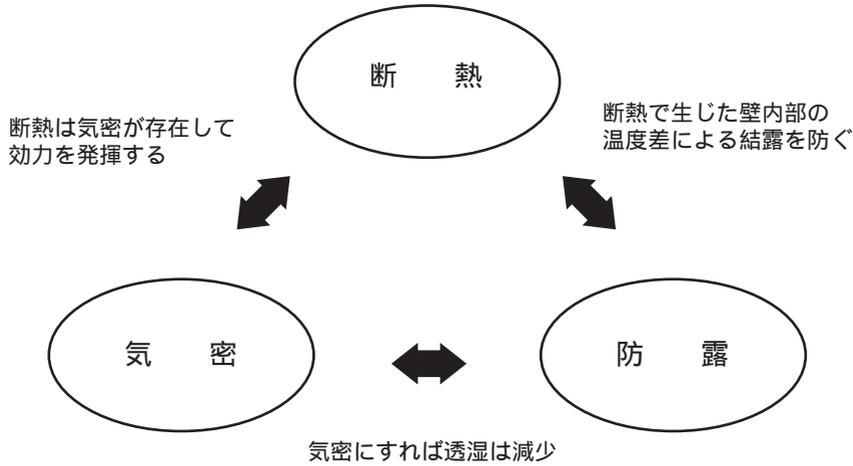
気を多く含んだ室内の空気が壁に入ったりすると、防露化されていない場合には壁の内部で結露を起こしてしまい、柱や土台を腐らせてしまいます。ですから、断熱する場合は防露性ということが必須になります。また気密にすれば、一般に冬の防露性は高くなります。このように断熱・気密・防露の3要素は互いに密接な関係にも計画換気を行って湿気を取り除く必要があります。

「熱橋」部分の断熱にも注意

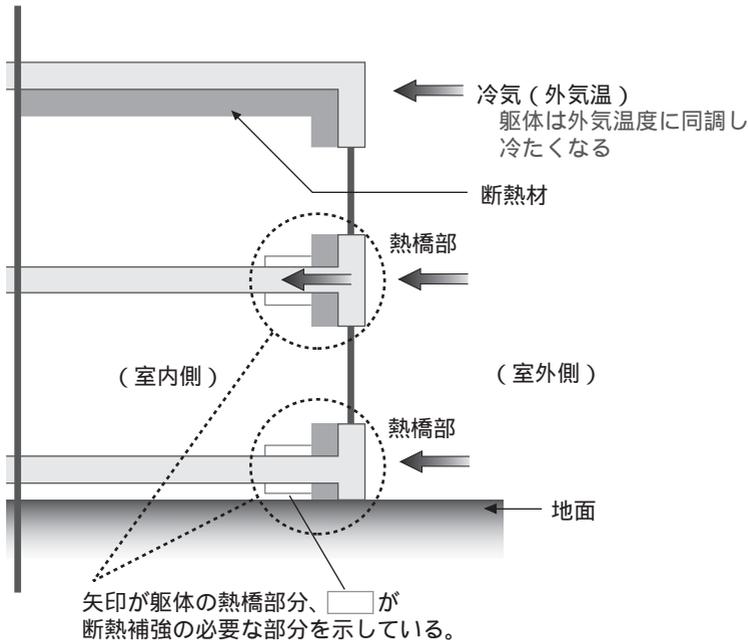
また、外皮において、部分的に断熱材が入らずに熱が通りやすくなってしまっている場所は「熱橋」と呼ばれます。特に、熱橋が鉄やコンクリート(構造材として使われる)などの熱伝導の大きな材料の場合には、断熱材で補強することが必要になります。この補強をしていない場合や不完全な場合には、断熱性能が低くなるのはもちろんのこと、結露が発生しやすくなります。

正しい断熱

断熱・気密・防露は三位一体



熱橋部分の断熱補強(コンクリート住宅の内断熱の場合)



4

断熱の効果と断熱住宅の室温

断熱の省エネ効果

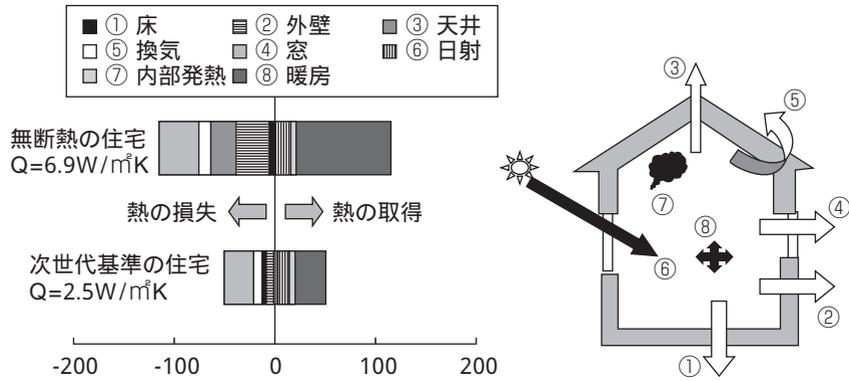
正しく断熱された家は無断熱の家と比べ、どれだけの効果を得られるのでしょうか。左の図は、次世代省エネ基準に則って断熱された住宅と無断熱の住宅とを、一冬の熱量で比較したものです。場所は東京で、20℃の暖房を行うと仮定しています。コンピュータシミュレーションで計算した結果です。断熱された住宅では、床・壁・天井・窓を通じて外へ流出する熱（これを「熱損失」といいます）が半分以下になることが一目瞭然です。そのため、暖房の熱量も激減しています。

以上の結果は東京のもので、場所が変われば気候も変わりますので、結果も変わります。しかし、断熱化は、暖房を行う条件であれば程度の差はあれ、同じ傾向の結果を導きます。つまり、暖房熱量を低減させ、省エネルギーに貢献します。

断熱化による自然室温の上昇

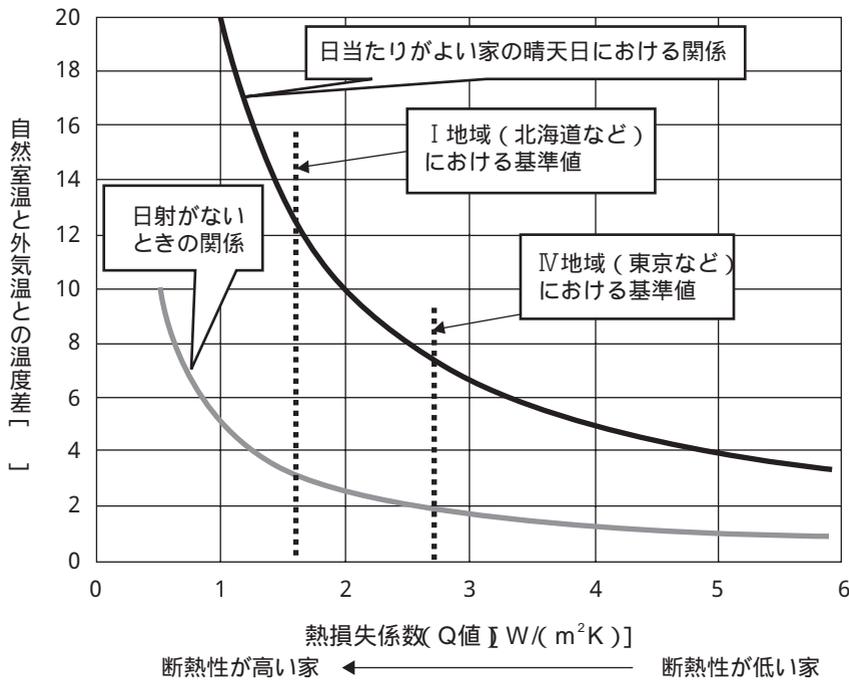
上の話は暖房をしっかりと行うという条件の下での結果です。しかし、日本の住宅では建物全体を暖房してどの部屋でも20℃以上に保つこととはあまり一般的とは言えません。人のいる部屋だけ暖房するのが一般的です。それでは、暖房をしない場合、断熱住宅の室温はどうなるのでしょうか。住宅では暖房をしなくても、日射が窓から入ったり、家電製品や人体（人間1人からは60W程度の発熱がある）からの発熱があるので、室温は外よりやや高くなるのが普通です。このような室温を自然室温と言いますが、左ページの図に、建物の断熱によって自然室温が外気温より高くなる度合を示しました。図に示すように、断熱性が高まると、自然室温は直線的にはなく急激に上昇するのが特徴です。ですから、しっかりと断熱すればするほど、自然室温の上昇という恩恵が受けられ暖房をしない部屋や時間でも室温が高くなります。

次世代基準の住宅と無断熱の住宅との熱量比較



一冬の熱量(ギガジュール)、住宅の床面積は122㎡

断熱化と自然室温の上昇



5

断熱効果を数値で見ると

建物全体の断熱性は「熱損失係数（Q値）」で分かる

家の保温性・断熱性を数値で示すものとして「熱損失係数Q値」（以下「Q値」と略）があります。最近では、住宅の広告に表示されるケースが増えてきているので、記憶にある方も多いと思います。これは、室内外の温度差が1 あるときに、建物全体から1時間当たり逃げ出す熱量（熱損失）を床面積で割った数値のことです。この値が小さければ小さいほど熱が逃げにくく、断熱性・保温性の高い住宅と言えます。

部位は「熱貫流率（K値）」、「断熱材は「熱抵抗値」で表示

前記のQ値は建物全体を対象としたものですが、壁・天井・窓など、単独の部位を対象として断熱性能を表示する場合は、「熱貫流率（K値）」（以下「K値」と略）を用

います。K値とは、部位を通過する熱の通過のしやすさを示す数値で、断熱性のよい窓や壁の場合はその数値が小さくなります。

また、厚みのある断熱材など、部材単独の断熱性を表す場合には「熱抵抗値」が用いられます。熱抵抗値は、K値とは逆に材料の熱の伝わりにくさを示したものです。熱抵抗値は、部材の厚さをその材料の熱伝導率（コラム参照）で割った数値であり、厚みがあつて熱伝導率の小さい部材が大きくなります。断熱性を高めるためには、熱抵抗値の大きい部材が必要で、それが断熱材というわけです。

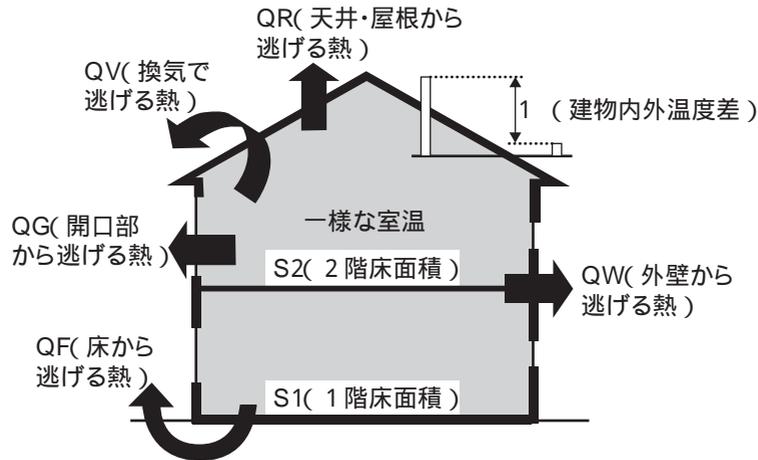
気密性能は「相当隙間面積（C値）」で分かる

一方、建物全体の気密性を示すものとしては、「相当隙間面積（C値、厳密には「床面積あたりの相当隙間面積」（以下「C値」と略）があります。相当隙間面積

熱損失係数（Q値）

住宅の断熱性、保温性は「熱損失係数（Q値）」でチェック

$$\text{熱損失係数 } Q = (\text{QR} + \text{QV} + \text{QG} + \text{QF} + \text{QW}) \div (S1 + S2)$$



とは、断熱を行う外周部位（外壁、天井、床、窓）に存在する隙間（目に見えるものも、見えないものもある）の面積を合計して、それを床面積で割った数値にほぼ近い数値です。ですから、数字が小さいほど気密性能が高いことを意味しています。C値は、Q値やK値などと同じ、計算で求めることは不可能ですが、送風機などの装置を用いれば現場測定によって求められます。

これらの数値で、断熱性・気密性の効果を数値として知ることができます。次世代エネルギー基準では、これらの数値に対する基準値が地域別（Ⅰ～Ⅵの地域、136頁参照）に設定されていますので、これを目安に断熱性能などを考えるとよいでしょう。

地域別の基準値

地域	熱損失係数 [W/(㎡・K)]	相当隙間面積 [cm ² /㎡]
I	1.6以下	2.0以下
II	1.9以下	2.0以下
III	2.4以下	5.0以下
IV	2.7以下	5.0以下
V	2.7以下	5.0以下
VI	3.7以下	5.0以下

6 結露はどのように起る？

表面結露と、壁体内結露

空気中の水蒸気は温度が高いほど含む量が多くなり、温度が低いほど少なくなります。ですから、温度が下がって空気が含まうる水蒸気量が低下すれば、最初に含まれていた水蒸気の一部は気体として空気中に存在できなくなり、水滴に変わります。この現象が結露で、結露しはじめると温度のことを「露点」と言います。夏に冷えたビールをグラスに注ぐとグラスの外側に水滴がつきますが、これも同じ原理で説明できます。グラスの周囲の温度が下がり、そのあたりの空気に含まれていた水蒸気が水滴となってグラスに付くのです。

結露には、窓ガラスや壁表面の低温のところに発生する「表面結露」と、壁の内部で発生する「壁体内結露」の2種類があります。結露は頻繁に発生するとカビが大いに発生します。すると、ダニが繁殖し、さらにはダニの死骸などがアレルギー疾患の原因となります。

結露で特に怖いのは、目に見えない壁体内結露です。室内の水蒸気は、外壁の内装が水蒸気を透過させるものであれば、壁の内部に侵入します。冬の場合には、この水蒸気が断熱材の外気側の低温部分に到達し、露点以下になれば結露が発生します。壁体内結露が発生すると、結露した水は柱や土台を濡らし、それらを腐らせます。また、断熱材の性能低下などを引き起こしたりします。

防湿層や通気層を設けて結露を防止

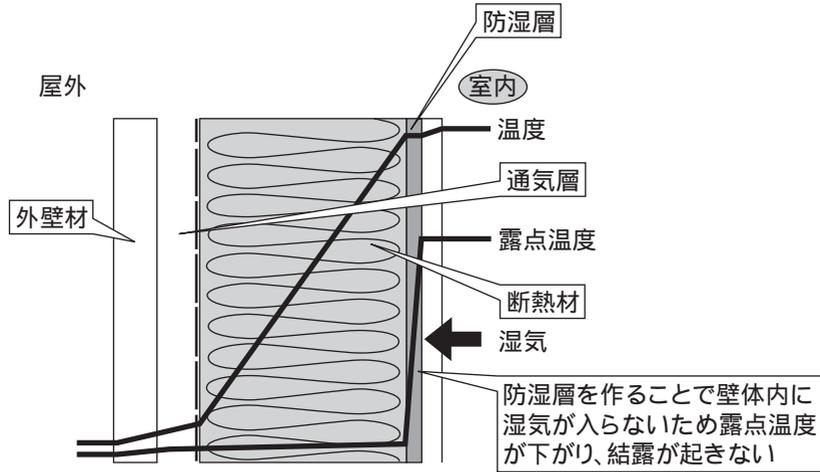
以上のような冬の壁体内結露を防ぐには、まず室内の水蒸気を壁に入れないことです。そのためには、断熱材の室内側に湿気の侵入を防ぐ防湿層を設けることです。また、侵入してきた湿気を外気へ逃がす通気層を設けることも重要です。

繊維系の断熱材は水蒸気を通すため、こうした工夫が必要で、プラスチック系のは、防湿性かなり高いものであれば、このような結露の心配は一般にありません。

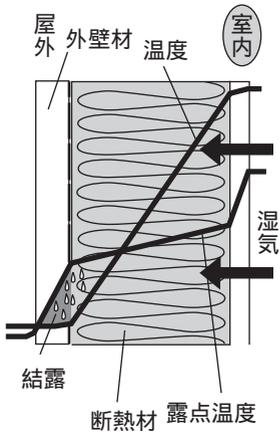
壁体内結露

壁体内結露の仕組みと防止対策

防湿層、通気層がある場合



防湿層、通気層がない場合



せん。
防湿層を設けると、夏に日射などを受けて温度が高くなった場合、壁の中の木材や合板から水蒸気が放出され、冷房で冷やされ結露するという学者もいます。しかし、このようなタイプの結露は夏の昼間にだけ発生するものであり、結露水量も多くの場合わずかなので、木材を腐らせることはないことが分かっています。

室内の湿度にも気をつけて

室内の湿度は40～60%が適切です。40%より低くても、60%より高くても人体には適当とは言えません。冬に暖房しすぎると湿度は40%以下になり、過乾燥になりますので、喉や鼻の粘膜によくありません。また、反対に、観葉植物や水槽など、水蒸気を多量に放出するものが室内に多ければ、室内湿度が高くなり過ぎますので、換気によって湿度を下げなければなりません。