

「断熱」「気密」「換気」「結露」etc. 家にとって大切なものは？

～ “壁体内部結露” を理解するためのレポートです。

「断熱」「気密」「換気」「結露」を勉強しましょう～

◎断熱・気密ってどうして必要なの？

●体毛も服も家も断熱材

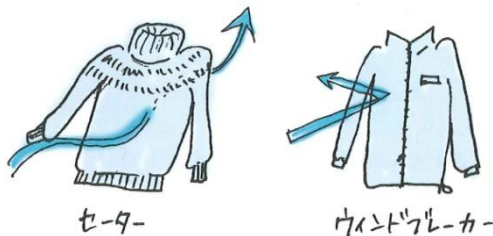
人間は恒温動物です。なので体温が急に下がったり、上がったりすれば死んでしまいます。37℃程度を維持していかなければなりません。ところが外の温度は、夏は30℃を超え、冬は0℃を下回ることがあります。

寒い時は、人間は「服」を着ます。つまり、服は断熱材なのです。犬や猫には毛があって、それが服の代わりにしています。服よりひと回りもふた回りも大きい断熱材が「家」です。



●セーターは風に弱い

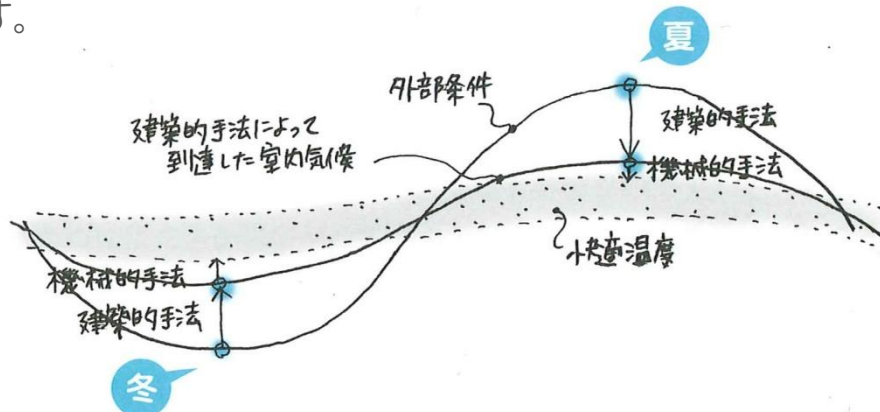
太めの毛糸で編んだセーターはフワフワしていて暖かです。でもセーターは目が粗いため風を通すので、風が吹けばそれを着ていてもちっとも暖かくなりません。そこでセーターの上にウィンドブレーカーを着てみると、とたんに暖かくなります。ウィンドブレーカーで気密性が高まったのです。要するに、どんなに断熱が立派でも気密性がなければ暖かくなりません。断熱と気密は一体であってこそ能力を発揮します。



●断熱・気密が先で空調が後

人によっては、「高断熱・高气密の家は空調に支配されているようだ」という疑問を持たれる方もいらっしゃるでしょう。

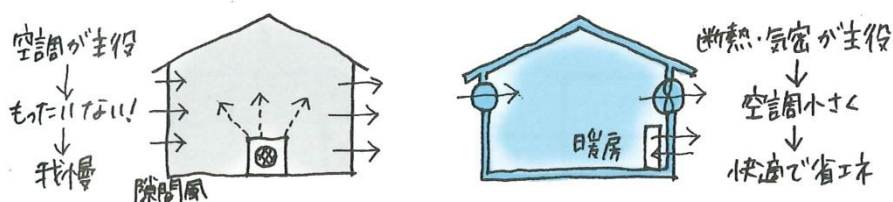
人間は恒温動物で一定の体温を維持しなければなりません。外気温は大きく波打って、冬には体温よりずっと低温に、夏にはずっと高温になります。この様子が下図です。



真ん中にある帯(グレー部分)が人間が保たなければならない温度(快適温度)です。帯の幅は個人差や我慢できる範囲を示します。

外気温は大きく波打っていますが、この波を体温に近づけるのが建築的手法です。要するに**断熱・気密**ということです。断熱・気密することで波は和らぎ、外気温は体温に近づいてきます。この不足分を補うのが機械的手法です。つまり**冷暖房(空調)**です。空調で機械的に快適な温度までコントロールするのです。外気温の影響をまず断熱が和らげますが、それでも足りなければ空調の出番です。もし断熱だけで済むのであれば空調は不要です。

「高断熱・高气密の家は空調に支配されているようだ」という疑問は、実際はその逆で、**断熱・気密が高くなれば空調は小さくなります。断熱・空調が先にあって空調は後にくるものなのです。**



日本の家は冬がくれば暖房するのが当たり前になっています。暖房が先に来て断熱・気密が後になっているのです。こんな状態では大きな熱で暖房しないと快適になりませんから、**快適さは贅沢なもの**に思えてきます。快適という言葉に対して私たちが罪の意識を感じるのはこんな理由があるのだと思います。そこで登場するのが我慢です。できるだけ暖房しないで寒さを我慢するのです。

「省エネルギー」を「節約」と訳してしまうのもそのせいです。

我慢するより、断熱・気密という知恵を使って、空調を小さくしながら快適さを得ればよいものを、日本ではなぜか断熱・気密が先に出てこないのです。

コラム：気密性能

建物の気密性能は「**隙間相当面積**」(C値)(単位は cm^2/m^2)で表します。建物の床面積 1m^2 当たりで、**どれだけの隙間**があるかを示しています。もちろん、数値が小さいほど気密性能は高くなります。現在では、気密施工がしていない在来工法住宅で平均 $5.5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、 2×4 工法では平均 $2.1\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。現在、高气密住宅として法律では、 $2.0\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下と定義されていますが、満足いく気密性能は、 **$0.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下**が望ましいです。気密性を測るには、右図のような気密測定器を使います。

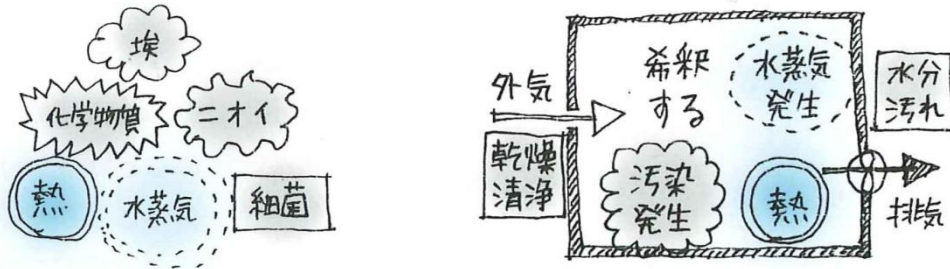


◎換気ってどうして必要なの？

家の内と外で空気が入れ替わることを「換気」といいます。冬であれば、家中の暖かい空気がそのまま出ていって、外の冷たい空気が入ってくるので、室内の熱は換気により逃げていきます。

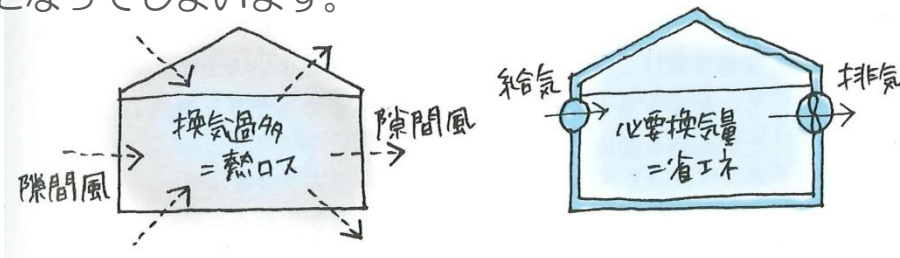
●換気は必要、でも隙間風は不要

「だったら、換気なんてしなければ・・・」と言われそうですが、**換気は健康に生活するために絶対に必要な行為です**。換気を考える場合には、炭酸ガス(二酸化炭素)、水蒸気、ニオイ、ホコリ(粉塵)、細菌、化学物質、そして熱も関わります。生活していればこうした水蒸気や汚染ガスが発生します。そこで外気を室内に取り入れて、湿気と汚染ガスを希釈して(うすめて)、外に出すことが換気の働きです。

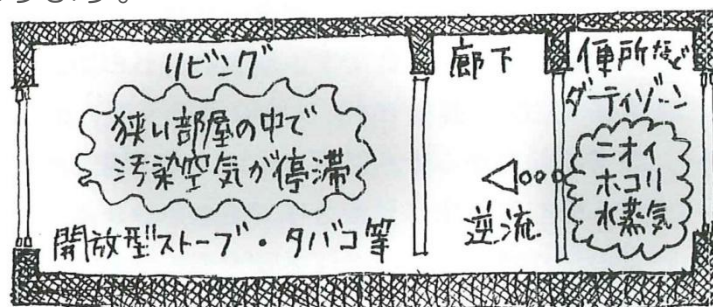


したがって換気による熱の逃げはしかたないことです。ただ、必要な換気量というものがあるって、それ以上の換気量になれば熱を捨てているようなものです。換気とは**空気の出入りをコントロールするもの**なのです。

そこで思い浮かぶのが隙間風というもの。隙間風はどこかの隙間から勝手に空気が入り出すものだから、量をコントロールすることはできません。なので、隙間の大きな家では冬に空気の出し入れが多くなりすぎて、熱を無駄に逃がすことになってしまいます。



また、隙間風は風任せなので、風向きによって流れ方が変化します。空気が汚れる場所(ダーティーゾーン)の便所、風呂場、台所は北側につくることが一般的です。冬は北風が吹くので、ダーティーゾーンの汚れた空気がリビングに**逆流**することになります。



換気とは空気の流れをコントロールすることであって、風任せで**コントロール不能な隙間風は換気とは呼べない**のです。

そこで**気密性が効いてくる**のです。

隙間をできるだけなくしておいて、**人為的に換気をコントロールすること**。これが**気密性の役目**です。

●計画換気の定義

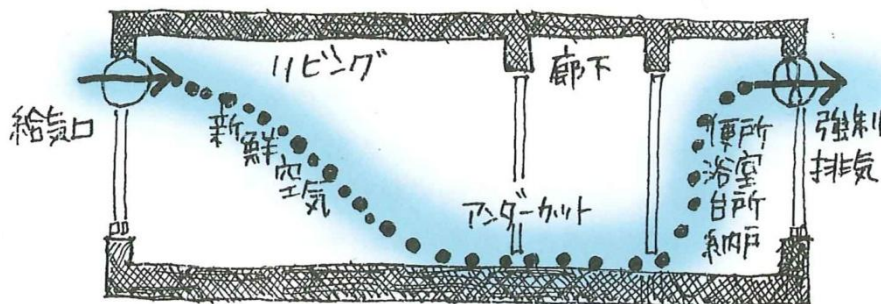
計画換気の実原則とは、**常時、出入口を明確**にして、**必要な量**の換気をすることです。

<常時>

換気は1年中・24時間行われるもの

<出入口>

外の新鮮空気を最初に人間に与えるために、特に寝室など居室から給気します**(入口)**。新鮮空気は人の呼吸やホコリ、建材から出るガスなどによってだんだん汚れていきながら、一番汚れる便所、浴室、キッチン、そして湿気や化学物質の滞留しやすい納戸から排気します**(出口)**。これを間違えると居室に汚染空気が流れてしまいます。



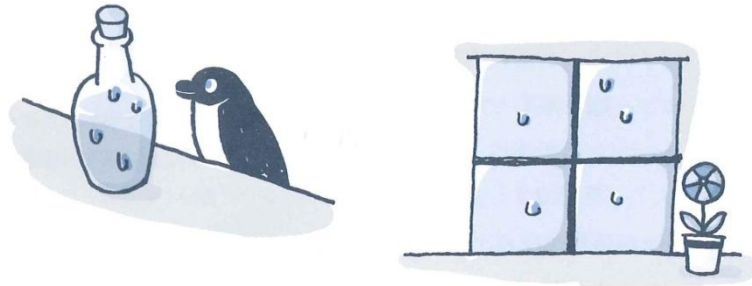
<必要な換気量>

必要な換気量とは、人が普通に生活していても**空気が清浄に保たれる**のに必要な量のことです。空気の汚れの指針として使われるのが**炭酸ガス(二酸化炭素)濃度**です。人間は酸素を吸って炭酸ガスを吐き出しています。したがって、部屋の中に人間が居れば炭酸ガス濃度は高まります。そして人体からホコリ(粉塵)や二オイが出てきます。これが**空気の汚れ**です。この汚れを除去するために最低どれだけの換気量が必要なのでしょう？

一般的には、**換気回数**で必要換気量を示しています。換気回数というのは室内の空気が外の空気と1時間に何回入れ替わるかを示したもので、**0.5回/時**とされています。どの程度の換気量かというと、40坪(132㎡)の家でおよそ、150㎡/時ということになります。ただし、0.5回/時分の換気量というのはあくまでも設計上の目安であって、居住者自身が空気の汚れを敏感に察知して窓を開けるとか、ドアを開放して空間を大きくするなどの行為が必要になります。

◎結露について

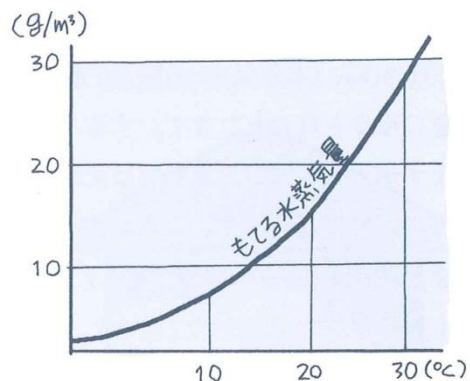
結露と一言でいっても“雲”ができるのも結露といえるから幅が広いのですが、家の中でみる結露といえば、まずは窓ガラスにつく水滴。冷えたビール瓶につく水滴。壁や天井にシミがつくのも結露（雨漏りもあります）。筆筒の裏側にカビが生えたり、押入の中が湿っぽくなるのも結露。便所の水のタンクに水滴がつくのも結露で、エアコンの吹き出し口などが黒く汚れるのも結露してカビが生えているからです。“カビが生える”当然、あなたの健康に、良くないことですね。



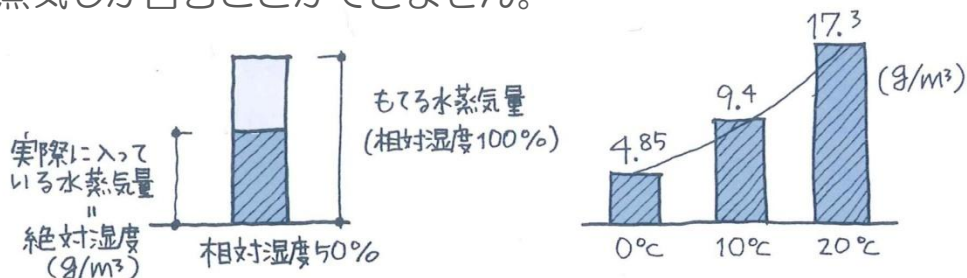
●結露はどうして起こる？

空気の中には**水蒸気**が含まれています。その量は空気 1 m^3 ($1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ の大きさ) の中に **2~25 g** 程度で、空気の重さでいえば **0.2~2%程度** です。わずかなものじゃないかと言われそうですが、その水蒸気がおおきな結露をつくるのです。

空気は温度によって、**含む水蒸気**の量が違ってきます。温度が高まるほど水蒸気を沢山含める（もてる）ようになります。図をみると、高温になると急激に含む量が多くなるのがわかります。



温度が 20°C の空気をグラスに例えます。このグラス一杯に水蒸気をもてます。今はまだ50%しか入っていません。この状態を**相対湿度50%**と呼びます。いつも私たちが湿度と言っているのは、この**相対湿度**のことです。実際に空気の中に入っている水蒸気量は**絶対湿度**といいます。単位は g/m^3 。つまり 1 m^3 の空気の中に、どれだけの重さの水蒸気が入っているかを示しています。これを**水蒸気重量**と呼んでいます。例えば 20°C の空気は 17.3 g の水蒸気を含むことができますが、 10°C の空気は 9.4 g 、 0°C の空気は 4.85 g の水蒸気しか含むことができません。



20℃50%（水蒸気を8.65 g/m³もっている）の空気が、何かの理由で急に冷やされたとします。すると空気のグラスはどんどん小さくなりますが、入っている水蒸気は変わりませんから、その内に水蒸気が一杯の状態になります。これが相対湿度100%の状態、これを**飽和状態**と呼びます。その限界に達したときの温度を**露点温度**と呼びますが、20℃50%の露点温度は8.7℃です。さらに冷やされれば、水蒸気は溢れて外に出てしまいます。**結露のはじまり**です。もし、この空気が窓ガラスにぶつかって、露点を超えて5℃に冷やされたとします。5℃の空気がもてる水蒸気は6.8 g/m³ですから、8.65-6.8=1.85 g/m³が結露になってしまうという計算になります。

なんだ9℃まで冷やさなければ結露しないのだったら、普通の家でもクリアできるんじゃないの？と思うかもしれませんが、家の中で9℃以下の部分をどこにもつくらないというのは並大抵のことではありません。

20℃50%というのは断熱・気密性の高い家での快適な環境であって、現実はまだもっと過酷で石油ファンヒーターを燃やして暖房をとろうものなら、燃焼しながら激しく発生した水が部屋の中に充満し、湿度は80%を超えます。20℃80%の空気の露点温度は16.2℃ですから、ちょっと冷えた部分があればそこが結露することになります。あちこちにカビが繁殖する理由がわかるというものです。

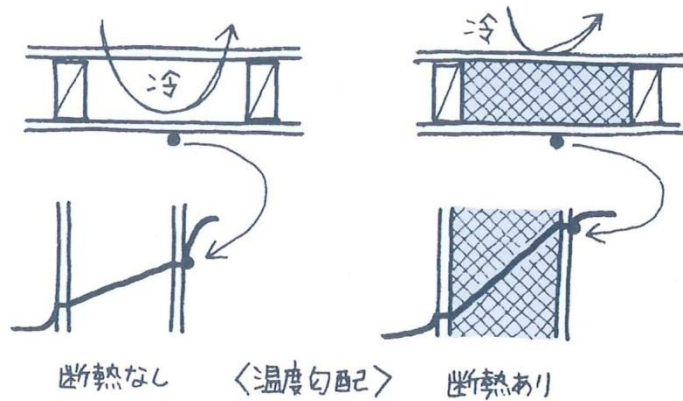


●結露の防止策としては

- ① 過度な湿度の防止（60%以内）（石油ファンヒーターを使わない、室内で洗濯物を干さない）
- ② 換気の促進（窓を開けたり、換気扇で換気する）
- ③ 空気の流通をよくする（浴室や使用しない部屋も換気する。押入れなども閉めっぱなしにしない）
- ④ 室温を適温に保つ（冬20℃～23℃、夏25℃～28℃）
- ⑤ 家の中で低温の場所をつくらない

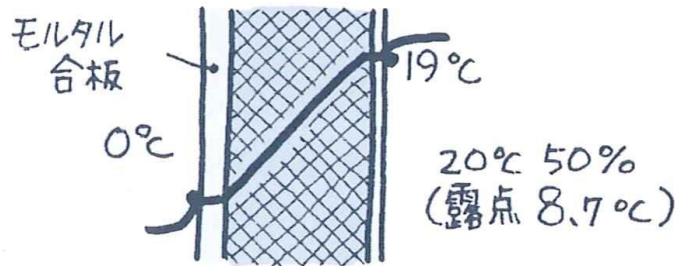
●怖いのは、窓の結露以上に、壁の中の結露（壁体内部結露）

実際の壁で見ると、まず、壁に断熱材が入っていなければ、内装材までが外の冷気にさらされて冷え込んでいますから当然、結露しやすくなります。図のように温度は内装材表面から外装材まで勾配をつくりませんが、これを**温度勾配**といいます。

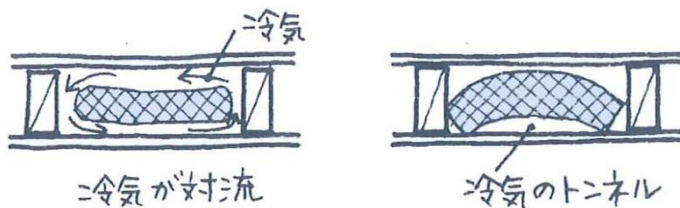


次に、この壁に断熱材を挿入します（ここでは、一般的な“**内断熱工法**”で考えてみましょう）。すると、内装材表面の温度が高まります。ここで内装材の表面で結露するかどうかをみるには、室内の空気の露点温度が内装材の表面温度より高いか低いかをみればわかります。もちろん露点温度より内装材表面の温度が高ければ、結露はしません。

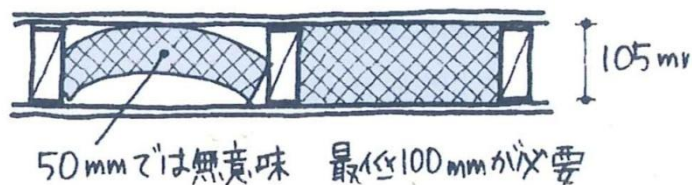
今、室内が 20°C 50%だとします。この場合の露点温度は 8.7°C です。外気が 0°C で、断熱材としてグラスウールが 100mm 施工してあるとします。この場合、内装材の表面温度は 19°C になります。露点温度より高いので結露しません。



しかし、**断熱材がしっかり施工されていない**とこうした計算は成り立ちません。どういうことかということ、断熱材と柱の間に隙間があったりすると冷気が対流してしまったりして内装材を冷やしてしまうからです。また、内装材と断熱材の間に空洞ができると、床下から天井まで通じる煙突になって冷気が走りますから、同じように内装材を冷やしてしまいます。



断熱材は**隙間なく施工**しないと、意味がないのです。木造在来工法の場合、一般的な柱は 105mm 角ですから、壁の厚みは 105mm ということになり、そこに 50mm の断熱を挿入しても隙間だらけになることは当然です。断熱というのは隙間なく施工することが基本中の基本なのです。そのためには、壁の中にしっかり納まる 100mm の断熱材が必要になります。



さらに、“**壁体内部結露**”に関して、室内で発生した水蒸気が、断熱材の中を透過してしまい、外壁にぶつかって結露することも考えられます。これを防ぐには、一つは室内の水蒸気を壁の中に100%入れないようにすればよいのです。この水蒸気を止める役目をするものを**防湿層**と呼びます。一般的には、0.1～0.2mmのビニルフィルム（高断熱・高气密住宅の場合のみ）が使われます。しかし、完全に水蒸気を止めることはできません。その理由はコンセントボックスや管類、換気口などが沢山あって、その部分の**気密施工は、外断熱工法に比べて、大変難しいのです。**



長年にわたり（特に冬場）、この“壁体内部結露”が毎日おこると、構造材が腐る原因となり、地震時に、安全な状態を保てないんです。

さて、ここで大切なことは、「内断熱工法VS外断熱工法」が大切ではありません。**「断熱」「気密」「換気」「結露」この4項目は、密接な関係があり、**

前記の記述を考えた上での施工を考えると、外断熱工法の方が、はるかに確実な仕事ができることです。

反対に、いくら“外断熱工法”であっても、「断熱」「気密」「換気」「結露」この4項目のどれか1つの項目でも欠けたら、その性能を十分に発揮することはできません。

（外断熱工法は、単に断熱材を構造材の外側に貼っただけの工法ではありません。）