

特集 Ⅱ

木造住宅の劣化対策、 耐久性向上の処方箋

- 26 1. はじめに
- 27 2. 小屋裏換気(屋根換気)
- 30 3. 通気構法
- 31 4. 換気・空気の流れについて
- 32 5. 結露とは
- 33 6. 防水性能
- 34 耐久性向上、
劣化対策に資する製品紹介

Ⅱ 木造住宅の劣化対策、耐久性向上の処方箋

■（一社）住まいの屋根換気壁通気研究会

1. はじめに

2050年の脱炭素社会に向け、住宅業界もより一層の省エネ性能向上へと舵がきられ、現行の省エネ基準は2025年には義務化されることとなります。さらに、長期優良住宅の認定基準も断熱性能についてはZEH水準（住宅性能表示の断熱等性能等級5）にまで引き上げられます。

このように、断熱性能をはじめ耐震性などの性能面についてはさまざまな議論が進み、基準や性能値などが定められ、住宅はより高性能な仕様が求められ、さらに高断熱・高気密な住宅が供給されることとなります。

一方、住宅に求められる寿命として100年が一定の目安となりつつある今、長寿命な住宅を支える上で肝心の耐久性についてはどうでしょうか。

木造住宅の耐久性で最も大事なポイントは、雨水浸入や結露による湿潤などを防ぐ・逃すことです。この技術により、より木材を長持ちさせることができ、はじめて長寿命な住宅が実現します。

しかしながら、今までこの技術（納まり）について多くは議論されてきませんでした。

また、最近のトレンドであるキューブ型住宅やゼロ軒住宅、片流れ住宅などのデザイン性の高い住宅が増加し、雨漏りリスクが高くなっています。

ましてや近年の地球温暖化の影響による豪雨や暴風雨など、自然災害も多発しており、住宅における外皮仕様の重要性はさらに増すと思われます。

一般社団法人住まいの屋根換気壁通気研究会は、この木造住宅の外皮の耐久性向上、特に屋根換気・壁通気に関する研究をテーマに産官学が協力して2014年10月に設立された一般社団法人です。

木造住宅の雨仕舞い、防水、防露、劣化対策に関心を寄せる学識経験者、設計および工事の実務者、住宅の外皮構成部材の開発・製造の実務者等からなる会員が、耐久性に関して横断的に討議し、その成果や知識を公表しています。

その成果品として、2019年6月に「住まいの百科事典Ⅰ」を、続いて2021年7月に「住まいの百科事典Ⅱ」発刊しました。

本誌は、当研究会で国土交通省住宅・建築技術高度化事業による陸屋根の外皮内通気効果の実大実証棟検証実験等の研究を行うかたわら、設立以来ほぼ毎月開催されている勉強会や海外研修会等で得られた長寿命住宅を実現する上で知っておくべき事例や基礎知識などを、わかりやすくまとめた住宅の耐久性に関する手引き書となっています。



さらに、この知識を広く共有し、施工力の向上に寄与するため、そして木造住宅の品質向上に資する有能な人材育成と確保を目指すための資格制度「住宅外皮マイスター」を創設しました。詳細は、61頁をご参照ください。

ここでは、研究会で共有している住宅の耐久性向上のために必要な基礎的なポイントの一部をご紹介します。

2. 小屋裏換気(屋根換気)

最近の住宅は、木造住宅においても気密や断熱性能が著しく向上しています。

その結果、小屋裏（屋根裏）内部での結露の発生が大きな問題となっています。結露すると梁や垂木、野地板等の構造体の腐朽による耐久性の劣化や、断熱材の濡れによる断熱性能の低下、カビの発生等をもたらすことになります。

写真-1は、屋根裏の温度をサーモグラフィーで撮影したのですが、夏の屋根裏は暑いときには60℃近くに達します。

太陽に熱せられた屋根材が高温になり、その直下にある小屋裏が熱気や湿気が滞留しやすい空間になります。

この熱気や湿気を滞留させないために設置するのが「小屋裏換気」です。

住宅金融支援機構の木造住宅工事仕様書の基準では、屋根断熱といわれる屋根裏面に直接断熱材を仕込む断熱方式の場合は、小屋裏が室内空間扱いとなり小屋裏の換気措置は必要ではありませんが、天井裏に断熱材を敷き込む天井断熱方式の場合には必須の換気システムです。



写真-1 屋根裏のサーモグラフィー

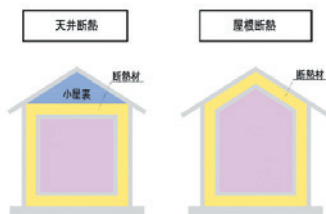


図-1 天井断熱と屋根断熱

天井断熱における木造住宅の小屋裏空間には、室内や外気からの湿気・その他木材やコンクリートの初期放湿などにより、建物内外の温度差による結露が発生しやすくなります。その結露水が原因で、カビの発生や構造材を腐らせる原因となります。

小屋裏換気により小屋裏空間に滞留する湿気を希釈することで、湿気の飽和状態を抑制し結露を防ぐ目的が「小屋裏換気」であり、木造住宅の耐久性向上に不可欠な仕組みとされています。しかし、小屋裏内の結露やカビが発生する事故は、後を絶ちません。

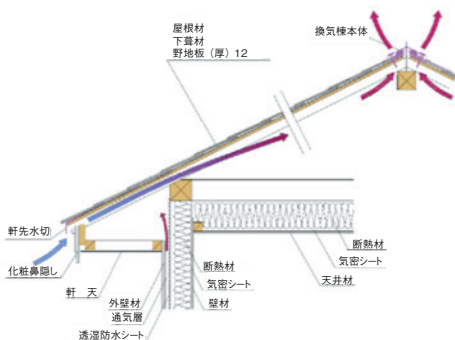


図-2 天井断熱の場合の換気経路

小屋裏の結露事故の多くは、小屋裏換気の設定方法や換気（通気）経路の欠損が原因とされています。結露によって断熱性能が損なわれ、梁などの構造木材の腐朽につながります。

熱気や湿気の排出を目的として開発された

「小屋裏換気」においては、小屋裏内の空気が十分に流れるように適切に設ける必要があります。効率よく湿気を排出するためには、換気棟の設置位置に注意しなければなりません。中央部分に集中的に配置すると換気棟から遠い部分の湿気は、排出に時間がかかり、結露リスクが高くなってしまいます。換気棟の配置は、バランスよく配置する事で結露リスクの危険性が低減されます。近畿大学との共同研究「換気役物の小屋裏換気性状に与える影響に関する研究」で換気役物の換気量を確認した結果、【換気棟・軒先換気】は、【軒先換気のみ】の2倍以上に増加させることが示されました。このことから、【換気棟・軒先換気】は、効率的な換気方法であるということがいえます。

また、屋根断熱に関して、住宅金融支援機構の木造住宅工事仕様書の基準では、“小屋裏換気孔は設置しないこととする”と記載されていますが、垂木間の通気経路は設けた方が良くと考えています。木材の初期放湿や居室からの湿気によって結露が生じる可能性があり、その湿気を排出しなければなりません。そのためには、垂木間の通気経路を設けないと排出できません。

屋根断熱の結露事故の多くは、換気（通気）経路の欠損が原因とされています。軒先からの

吸気や換気棟の無設置、断熱材のせり出しが通気経路を阻害し、湿気の滞留場所となり、結露を発生させる現象が起きやすくなります。垂木間ごとに、換気・通気経路をチェックし、垂木間ごとの換気棟の設置や、頭頂部の垂木カットを行い、通気経路の確保に努めなければいけません。（図-3 参照）

● 小屋裏換気孔の設置例

この「小屋裏換気」の具体的な技術基準は建築基準法では規定されていませんが、品確法における「劣化軽減措置」の一つに小屋裏換気の仕様が評価基準としてあり、また住宅金融支援機構の「木造住宅工事仕様書」を基にした小屋裏の換気必要面積の最低基準としても規定されています。換気方法には、棟換気・妻換気・軒裏換気などの組合せにより小屋裏の天井面積に対して吸気孔および排気孔の有効換気面積が求められています。

【有効換気面積】（※品確法・木造住宅工事仕様書に準じています）

小屋裏換気孔は、独立した小屋裏ごとに2カ所以上、換気に有効な位置に設ける。

換気孔の有効換気面積は、下記のいずれかの内容とする。

①（妻換気形式）

両妻壁にそれぞれ換気孔（吸排気両用）を設ける場合は、換気孔をできるだけ上部に設けることとし、換気孔の面積の合計は、天井面積の1/300以上とする。

②（軒裏換気形式）

軒裏に換気孔（吸排気両用）を設ける場合は、換気孔の面積の合計を天井面積の1/250以上とする。

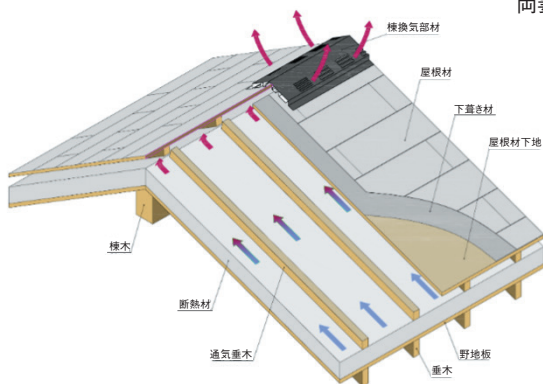


図-3 屋根断熱の場合の通気経路

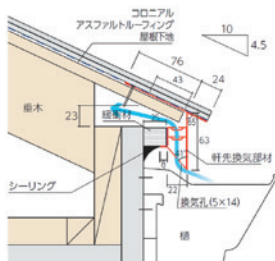
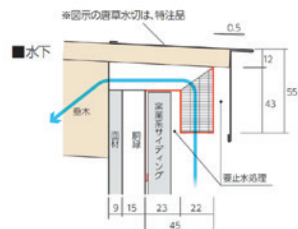
③ (軒裏換気・妻換気併用形式)

軒先に吸気孔を設け、小屋裏の外気に接する壁面に排気孔を設ける場合は、垂直距離で900mm以上離してそれぞれの換気孔の面積を天井面積の1/900以上とする。

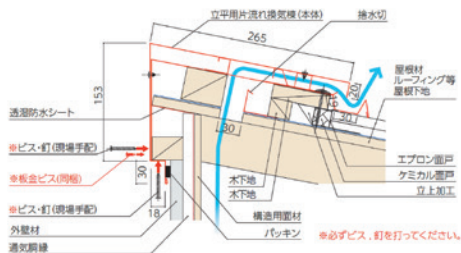
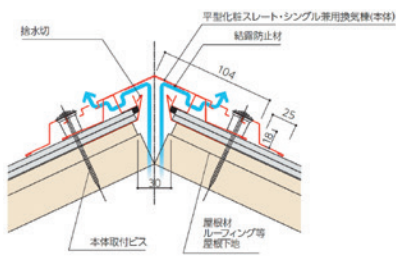


④ (棟換気形式)

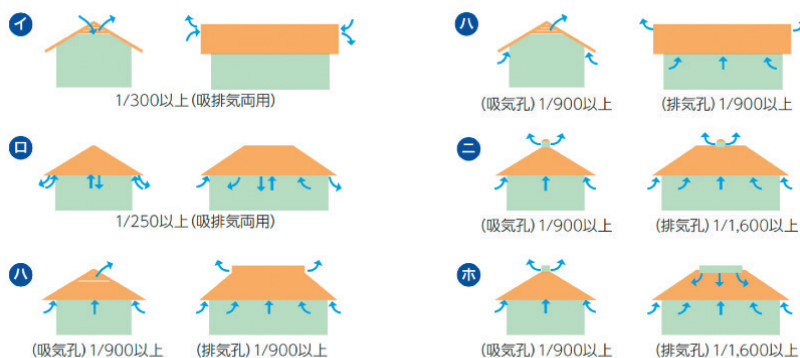
軒裏または小屋裏の壁のうち、屋外に面するものに吸気孔を設け、かつむね部に排気孔を設ける場合、吸気孔の面積を天井面積の1/900以上とし、排気孔の面積を天井面積の1/1600以上とする。



図一-4 軒裏換気部材の例



図一-5 換気棟部材の例



※片流れ屋根のけらば軒裏に、一様に有孔板を設置する場合は、けらば軒裏に1/250以上(吸排気両用)確保すればよい。

図-6 小屋裏換気孔面積の基準
(出典 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書より)

換気棟（棟換気）・軒先換気《棟換気形式》とは、軒先に設けた換気（吸気）孔から外気を取り入れ、屋根の棟（頂部）に設けた換気（排気）孔から小屋裏内にこもった熱気や湿気を排出する小屋裏換気のことです。軒先に設けた換気（吸気）孔になるのが軒先換気で、屋根の棟（頂部）に設けた換気（排気）孔が換気棟（棟換気）です。住宅金融支援機構の「木造住宅工事仕様書」を基にした小屋裏の換気必要面積の最低基準が規定されており、小屋裏の天井面積に対して吸気孔および排気孔の有効換気面積が求められています。換気棟・軒先換気には、瓦用、平型化粧スレート用、金属用など使用する材料や切妻、寄棟、片流れ、下屋などの屋根の形状によって、使用する換気棟・軒先換気も変わります。「換気棟・軒先換気」を取り付けると、温度差による自然換気の働きで、湿気を含んだ空気や小屋裏の熱気を効率よく排気し、冬の結露や室温の上昇を防ぎます。

3. 通気構法

小屋裏空間同様に壁体内部でも結露の発生が大きな問題となっています。

多くの弊害をもたらす壁体内の湿気を滞留さ

せないための排湿を目的として設けるのが、外装材と躯体の間に防風材（透湿防水シート）により区画された「通気層」を設けた「通気構法」です。また、最近では外壁仕上げ取り合い部などから浸入した雨水を速やかに排出する雨水浸入防止対策に有効な構法としても採用されています。

木造住宅の外壁の隠蔽された空洞部（柱部）には、室内からの湿気の侵入や仕込まれた断熱材のわずかな隙間が原因で建物内外の温度差による結露が常習化します。

外装材と躯体の間に設けられた通気層には常に気流が流れ、この気流により壁体内に滞留する湿気を吸出すことで湿気の飽和状態を抑制し

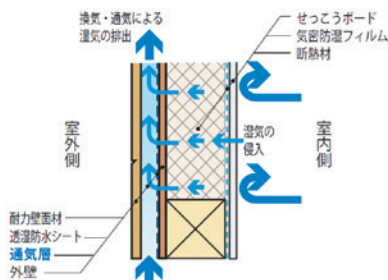


図-7 一般的な外壁通気構法

結露を防ぐ仕組みが「通気構法」であり木造の耐久性向上に不可欠な条件とされています。

外壁内部結露事故の多くが通気経路欠損や透湿防水シートのわずかな施工不具合が原因とされています。結露によって断熱性能が損なわれたり柱などの構造木部が腐朽したり、省エネ性と構造安定性の低下につながっています。

外壁内部の隠蔽部分の排湿を目的として開発された「通気構法」も、躯体外面に張られる“透湿防水シート”の施工はシートの継手や端部の押えを完全な状態にしなければ、通気に含まれる湿気が壁体側に侵入し結露を発生させる現象が起きやすくなります。膨らみ・シワ・めくれ・たるみが生じたシートの張り方やせり出した断熱材がその原因とされています。また、通気構法においては、通気層内の空気が十分に流れるように適切に設けることが必要です。特に胴縁は通気が阻害されないように配置しなければなりません。開口部周辺は、建具枠周囲の通気が可能なように最低30mm程度の隙間を設けます。横胴縁は、1820mm内外に最低30mm程度の通気のアキを設けます。

この「通気構法」の目的は、壁体内結露を防ぎ木造建物の劣化リスクを抑制することにより耐久性向上を維持することにあります。品確法における「劣化軽減措置」の一つに外壁内通気構法の仕様が評価基準として規定されており、最近では、サイディングなどを外壁に乾式外装材として使用する場合は、ほとんどこの通気構法を採用しています。

また、現在の住宅保証制度においても外壁をサイディングとする場合は、通気構法で施工することが保証条件となっています。

●通気構法を採用することのメリット

- 1) 室内で発生し、壁体内に侵入した湿気を壁の外に排出することにより、壁体内の乾燥を保ち、結露を防ぎ、家を長持ちさせます。

- 2) 外壁のすき間等から浸入した雨水を、壁体内に浸入させずに屋外に排出します。
- 3) 通気層による遮熱効果により外気温の影響を少なくし、省エネになります。

4. 換気・空気の流れについて

換気の種類には、設備に機械を利用するか否かによって自然換気と機械換気に分けられます。両者を併用する場合は、ハイブリッド換気と呼びます。

●自然換気

自然換気は、自然通風や空気の温度差による煙突効果によって空気が自然に入れ替わる換気のことです。

パッシブ換気とも呼ばれます。小屋裏換気・通気構法・床下換気に使用されている換気方法です。

【風力換気】

通気口を2カ所以上設け、その風圧差を利用します。

【温度差換気・煙突効果・重力換気】

空気が暖かいと比重が小さくなり、上昇する性質を利用します。

●機械換気

機械換気は、換気扇や送風機を使用して強制的に換気を行うものです。強制換気や動力換気とも呼ばれます。

建築基準法では、居室において換気回数0.5回/h以上の常時換気（24時間換気）ができる機械換気設備の設置が義務付けられています。

●空気の移動

気象における空気の流れは、水平方向のものは風、鉛直上方向のものは上昇気流、鉛直下方向のものは下降気流となります。

例えば、海上の水蒸気の蒸発によって、上昇

気流が発生する箇所の空気の密度がやや下がり、気圧がやや低くなることがあるなど、同じ海拔高度でも、少しずつ気圧は異なり、気圧の高低は常に変化しています。この気圧の山や谷を高気圧、低気圧と呼びます。気圧の差が生じると、高気圧の空気が低気圧の領域に流れ込みます。これが風の主な成因になっています。

海水温が高い場合、上昇気流が発生しやすく積乱雲が発達します。上昇気流が激しくなると、気圧の差が大きくなり暴風雨が発生しやすくなります。これが巨大化して平均風速が18m/secを超えると台風となります。

開放空間の場合、圧力差があると空気は圧力の高い方から低い方へ流れます。また、温度差があると温度の高い空気は上昇し、温度の低い空気は下降します。壁体内においては、空気の流れ（通気）をどのように確保するかが重要なポイントとなります。小屋裏換気や通気構法は、自然換気を前提とした換気であり、空気が流れる法則に従い、軒先部や土台部に吸気孔を設け空気を取り入れ、温度差や風圧力によって棟部や上端部の排気孔より排出される構造が一般的に採用されています。

特に熱気や水蒸気は上昇して屋根の棟頂部や壁体の天端に集積されますので、その部分が結露するリスクが高まります。屋根の頂部や壁体の天端に通気部材を設置して通気・排気できれば、内部結露を予防することができます。木造住宅の外皮の通気経路の確保は、建物自体の耐久性能を高める重要な要素となります。

5. 結露とは

結露とは、固体状態における物質の表面、または内部で、空気中の水蒸気が凝縮する現象のことです。

1m³の空気に含まれる水蒸気の最大量を「飽和水蒸気量」と言いますが、飽和水蒸気量は気

温によって異なり、温度が10℃高くなるごとに、約2倍になります。飽和状態の時の気温を「露点」と言います。

温度が高い空気は水蒸気を多く含むことができますが、冷たい空気は水蒸気を多く含むことができません。したがって、暖気が冷えれば、保持しきれなくなった水蒸気が水滴に戻ることになります。日常の光景で、外気温と室内の温度差により、窓ガラスなどが曇ったり、水滴が付着したりする現象がよくみられます。これが一般に言う表面結露です。

一方、内部結露は、建物の室内側に防湿層がなく、室内で発生した水蒸気が壁体内に侵入する場合に発生します。空気は暖かければ暖かいほど水蒸気をたくさん含むことができ、逆に冷たければ水蒸気を含むことのできる量は少なくなります。水蒸気を多く含む壁体内の暖められた空気の温度が急激に下がり、露点温度以下になれば壁体内で内部結露が発生することになります。また、結露には「冬型結露」、「夏型結露」などの表現があります。

冬型結露

室内の水蒸気の量が多い場合に発生し、外気によって冷やされるガラス、サッシ、壁の中の温度が露点以下になる部分で生じます。

夏型結露（逆転結露）

冬型結露の逆で、エアコンでよく冷やされた建物では、外部の湿った空気が壁の内部に侵入し温度勾配の露点温度以下の部分で発生します。夏のみに起こる現象で高温多湿の地域で、冷房することによって、外部の暑く湿った空気が壁の中に入り、冷房された室内側の壁に達して壁の内側に結露を起こす現象で、逆の空気の流れ、逆の位置で発生するので逆転結露とも言います。

内部結露により以下の現象が起こりやすくなります。

- ①カビが生える原因になる
- ②屋根や壁などの外皮を構成する構造材や建材が腐朽して建物の劣化を招く
- ③臭う
等々、大きな影響を与えます。

内部結露防止には、「温度」「温度差」「湿度」を以下のようにコントロールすることが重要になります。

- ①窓ガラスはペアガラスなどを採用する。サッシは二重サッシや樹脂サッシを付ける。
- ②外皮に断熱材を用い、室内の表層の温度が外気の影響で下がらないようにする。
- ③24時間換気の設備を稼働させ、除湿をして室内の湿度が上昇しないようにする。
- ④観葉植物などは、水蒸気を発生させ室内の湿度を上げる原因になるので避ける。
- ⑤壁体内および外壁と壁体の間は、吸気と排気のある通気措置を施し、湿気が上昇しないようにする。
- ⑥使用する材料の初期含水率や、工事中の雨水の漏れによる含水率の上昇をチェックし、含水率が高い場合は、含水率を下げてから次の作業をする。
等々が考えられます。

6. 防水性能

小屋裏換気孔を設けるときに問題となるのが、台風等の強風時の漏水問題があります。天井断熱では、直接断熱材の上に雨水が吹き込むことになり、屋根断熱では、野地板、垂木と垂木間の断熱材を雨水で濡らすリスクがあります。

防雨性能評価試験については、従来（財）建材試験センターで行われてきたような送風散水試験（写真一2）が業界の基準になっています。もう一つの試験方法として圧力箱方式（写

真一3）があり、上部から散水をしたうえで、速度圧相当の差圧を与え、漏水実験を行います。

防水性が確認された換気部材のご使用をお勧めいたします。

●防水性能

【送風散水方式】

（財）建材試験センターのJSTM L 6401に規定する送風散水装置を用い、施工状態の水漏れ判定を行う。

試験条件：散水量 $4 \text{ l} / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ 、試験時間10分

【圧力箱方式】

（財）建材試験センターのJSTM L 6402に規定する圧力箱装置を用い、施工状態の水漏れ判定を行う。

試験条件：定圧試験、散水量 $4 \text{ l} / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ 、試験時間20分



写真一2 防雨性能評価試験
（送風散水方式）



写真一3 防雨性能評価試験
（圧力箱方式）