

木造住宅の耐久性と木材の使い方

土 居 修 一

はじめに

我が国は南北に長く、気候型は亜熱帯から亜寒帯にまで及んでいます。そのため、住宅の作り方や材料の使い方も地域性に根ざしたものでなければなりません。ところが、一昔前の北海道の住宅は本州の住宅のコピーのようなものであって、断熱性がほとんどありませんでした。第一次オイルショックはこうした状態を改善するきっかけとなりましたが、断熱工法に対する認識や技術が未熟であったがために耐久性上重要な問題、つまり結露とそれに起因するナミダタケ被害などを引き起こしました。こうしたことから、その後耐久性を確保するうえでの様々な工夫や処理がなされるようになってきました。

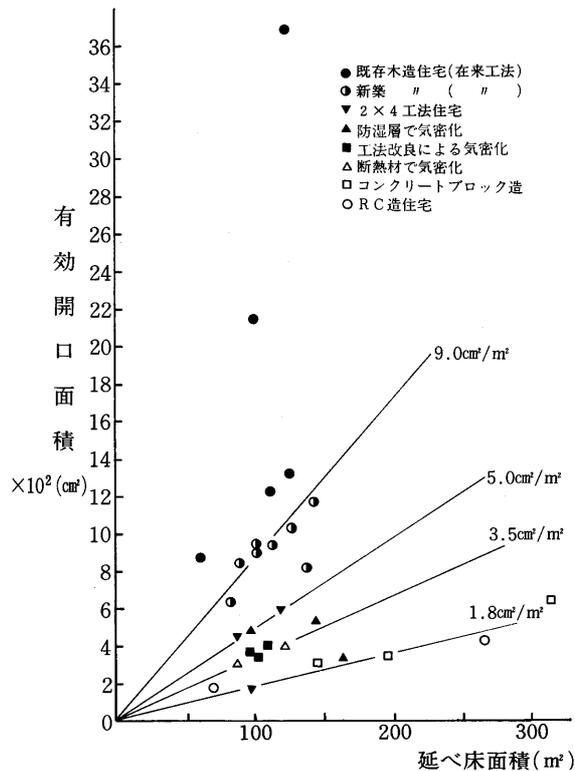
そこでこの解説では、これらの工夫や処理の方法とその効果について述べることにしましたが、これによって北海道における木材保存の重要性を少しでも認識していただければ幸いです。なお、耐久性の定義には耐朽性の他、耐候性、耐水性、耐湿性、耐汚染性などが含まれますが、ここでは主として耐朽性について述べることにします。

北海道の住宅の特徴

耐久性の面から北海道の住宅を取りまく事情を考えると、その特徴の一つは高断熱・高气密が要求されることです。徒然草の第55段にあるような「家の作りようは夏を宗とすべし」というのは、梅雨があって暑い季節が半年近くにおよぶ関西や関東を基準としているのであって、北海道ではむしろ「住まいは冬を宗とすべし」ということにな

ると思います。つまり、寒さに対処することが今までの住宅の変遷を決定したといっても過言ではありません。そして、この点はナミダタケ被害やカビの被害に代表されるような耐朽性にも決定的な影響を与えてきたし、これからも与えるものと思います。

参考までに、現在の住宅の気密性を有効開口面



積と床面積との関係で図1に示します。木造住宅の場合、有効開口面積の割合には大きな幅があります。つまり、在来工法と2×4工法で差がありますし、在来工法の間でも作り方によってかなりの差がみられます。本州の木造住宅は開口面積が9cm²/m²より大きいのですが、これと同程度のものが10数年前、ナミダタケ被害を受けています。当時としてはこの程度が普通でした。現在では気密性が悪い方で9cm²/m²ですが、気密性を高めた在来工法や2×4工法では3.5cm²/m²にまで達しています。この値はRC造やブロック造の2倍程度の値であり、木造としては限界に近いきわめて気密に富んだ建物といえます。

ところで、10数年前の気密性の悪い住宅でなぜ腐朽害が生じたのでしょうか？それには、部分暖房による結露が大きく関与したと想像されますが、この点については後ほど述べることにします。

いま一つは、冬期対策です。これは住んでいる人にとっての防寒対策ではなく、施工時期をできるだけ雪の降らない時期にするとか、雪下ろしや排雪をして住宅の傷みを防ぐとかというようなことです。いろいろな事情で冬期の施工を無理して行い、未乾燥材のまま使用したり、除排雪に伴って外装材の表面を傷め耐久性を低下させるという

ようなことが克服されねばなりません。

住宅部材の劣化要因

図2は、建設省の建物に関する総合プロジェクトで報告された劣化要因図を要約して示したものです。以下では、この図のうち外的要因として地域性、つまり気候的条件と使用状態に起因する結露、内的要因として材料と処理法を中心にとり上げてこれまでの欠点を述べ、その後、改善された点の効果について述べていきます。

1) 外的要因

結露

北海道は、気候が寒冷なために結露が腐朽性に対して大きな影響をおよぼします。例えば、厚さ100mmで密度10kg/m³のグラスウールを用いて断熱施工をした壁では表1に示すような水蒸気分布が考えられます。この例ではシーリングボードの外側で結露が発生することが予測されていますが、もしグラスウールが理想的な状態で施工されなければ結露がその中で起こってしまい、それが木部の含水率を高め、腐朽を引き起こすことになります。

結露は、外気との関係だけでなく暖房室と非暖房室との間でも起こります。つまり、床下の断熱

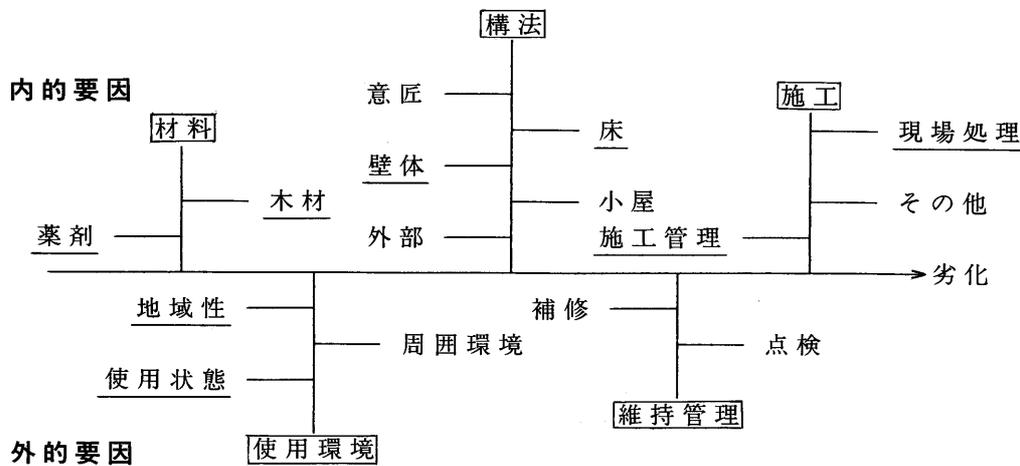


図2 木造住宅の劣化要因図
建設省、総プロ「建築物の耐久性向上技術の開発」
報告書（1985）から作成

性が不十分であると、暖房室の水蒸気が非暖房室に流れた時、その室の床下で結露を生じます。これは絶対湿度の変化がないのですから、温度差による相対湿度の上昇によるものです。もちろん床下だけでなく小屋裏の断熱や防湿が不十分であれば、ここでも結露を生じます。こうしたことによる被害は、水回りではなく北側の部屋の中央部で発生したナミダタケによる被害例で典型的に認められています。

屋根裏では、それ以外に“すがもり”という現象が起こることがあります。この現象は、小屋裏から逃げた室内側の熱によって屋根の上にある雪

が暖められて融けた後、それが再び外気に冷やされて氷になった時、雪と氷の界面にある水が行き場を失い屋根葺き材料の隙間つまりトタンの継ぎ目から小屋裏に浸入するものです。この水が小屋裏の部材にしみこみ、腐朽の原因になる恐れがあります。実際に柱を腐らせた例がありました。

木材腐朽菌

ところで、道内の住宅に腐朽害を与えた腐朽菌の同定結果をまとめると、表2のようになります。これまでの全国的調査の中で報告されているものと一致するものも含まれていますが、この中には立木の時に寄生し、製材に取り付いたまま持ち込まれたと思われるコゲイロカイガラタケなども入っています。このような立木腐朽菌が木材について持ちこまれることは十分考えられることですが、それが腐朽を引き起こすかどうかはその後の温湿度環境に依存しているといえます。従って、この被害なども水分条件を管理しておけば防ぐことができたように思われます。

2) 内的要因

樹種による特性

道産針葉樹は、トドマツ、エゾマツ、カラマツがそのほとんどを占めますが、これらのうち、後

表1 室内での結露予測のための水蒸気分圧表
(室内+25℃, 40%RH, 室外-20℃, 80%RHの時)

| 材 料 | 各層境界 水蒸気圧 | 各層境界飽 和水蒸気圧 |
|------------|--------------|----------------|
| 室内空気 | | |
| 内表面境界層 | 9.504 | 23.76 |
| 石こうボード | 9.504 | 20.94 |
| ポリエチレンシート | 9.444 | 20.69 |
| グラスウール | 1.224 | 20.69 |
| シーリングボード | 1.223 | 1.519 |
| アスファルトフェルト | 1.217 | ※1.079 |
| モルタル | 1.077 | 1.079 |
| 外表面境界層 | 0.827 | 1.051 |
| 外 気 | 0.827 | 0.941 |

結露の予想される場所。この表では、壁を構成する各材料の固有の透湿抵抗と断熱性及び室内外の温湿度条件とから各材料の境界領域における水蒸気圧を計算し、各層での温度における飽和水蒸気圧との差から露点に達する部分を予測しています。

表2 北海道で見つけられた家屋害菌

| 学 名 | 和 名 | 腐朽型 ^{a)} |
|------------------------------|-----------|-------------------|
| <i>Serpula lacrymans</i> | ナミダタケ | 褐 |
| <i>Coniophora puteana</i> | イドタケ | 〃 |
| <i>Paxillus panuoides</i> | イチョウタケ | 〃 |
| <i>Gloeophyllum odoratum</i> | ニオイアミタケ | 〃 |
| <i>Spongiporus xanthus</i> | チョークアナタケ | 〃 |
| <i>Gloeophyllum striatum</i> | ヒメキカイガラタケ | 〃 |
| <i>Tyromyces caesius</i> | アオゾメタケ | 白 |
| <i>Tyromyces</i> sp. | オシロイタケ属 | 褐 |
| <i>Spongiporus</i> sp. | アナタケ属 | 〃 |
| <i>Trametes</i> sp. | ホウロクタケ属 | 〃 |

a) 褐：褐色腐朽菌，白：白色腐朽菌

表3 素材の比較耐朽性

| 樹 種 | 辺心材別 | 耐朽性 |
|------|------|-----|
| エゾマツ | 辺 材 | 125 |
| | 心 材 | 136 |
| カラマツ | 辺 材 | 141 |
| | 心 材 | 166 |
| スギ | 辺 材 | 125 |
| | 心 材 | 166 |
| ヒノキ | 辺 材 | 173 |
| | 心 材 | 174 |
| サワラ | 辺 材 | 170 |
| | 心 材 | 174 |
| アスナロ | 辺 材 | 174 |
| | 心 材 | 174 |
| ブナ | 辺 材 | 100 |
| | 心 材 | 117 |

松岡, 庄司: 林試研報, No.123, 137

(1960) から作成

$$\text{耐朽比} = \frac{W}{W_0} \times 100$$

W: 100 - (供試材の重量減少率)

W₀: 100 - (ブナ辺材の重量減少率)

二者の耐朽性は表3のようになっています。この表は、木材をオオウズラタケという腐朽菌で腐朽させた時に、ブナ辺材を100として耐朽比を求めたものです。エゾマツはスギより弱く、カラマツでもスギと同程度の耐朽性しか持っていないことが分かります。また、ナミダタケに対して行った実験ではエゾマツが極めて弱く、カラマツ、トドマツはそれよりいくぶん耐朽性があるものの、決して耐朽性があるとは言えない結果が得られています（2か月間腐朽した時の重量減少率がエゾマツ58.3%、トドマツ28.8%、カラマツ27.6%となった）。こうしたことから、これらの樹種は、従来から耐朽性があるとされているヒノキ、サワラ、アスナロ（ヒバ）などに比べると耐朽性が低いといえます。道内には、ヒノキなどのように耐朽性がある樹種の蓄積がわずかであり、耐朽性を考えて樹種を選ぶということができないので、木造住宅では防腐処理が不可欠であることが明らかです。

また、耐朽性は実用的には断面寸法にも依存しますが、道内の在来工法の住宅では、土台に10.5cmの断面を持つ材を使い、通常は床束を使わずに床梁には10～12cm×15～24cm程度の断面を持つ大引を使っています。この部材にはベイツガ、エゾマツ、トドマツが使われており断面が大きいので辺材を含んでいるのが普通のように見えます。しかも辺材を含む部分は丸身になることが多いため、床下の地表面に近い所に位置するように使用するのが一般的です。このことも、耐朽性上のネックになっています。

防腐処理材の使い方

ところで、実際に流通しているCCA（クロム・銅・ヒ素系木材防腐剤）処理防腐土台および大引の道内における87年度生産量はベイツガ（13,000m³）、トドマツ（3,000m³）、カラマツ（800m³）、エゾマツ（400m³）という順になっています。CCA処理土台は、農林規格の規定に基づいて適正な品質管理の下で生産されています。従って、これがそのまま使われれば、耐久性上の問題はありませぬ。しかしながら最近の特徴として、建築現場での材料加工がほとんどなくなり、

プレカットした部材を持ち込むようになったためと、住宅の気密性を上げるために処理材にもブレナー加工をすることが一般的になりつつあります。この加工過程で、防腐処理層の一部が削り落とされてしまうので、工場処理された材に再度建築現場での処理をしないことが必要になっていきます。

また、87年度では、全体の生産量が約17,000m³で大引がこのうち400m³を占めていますが、この数字は土台の数量にくらべるとバランスがとれていません。床梁を90cmスパンで使うとすると、土台4本当たり3～4本の大引を使うので、おおむね1：1の比率になるはずですが、こうしたことを考えると、大部分の大引は無処理のまま出回っていることになっていきます。ここにも現場処理の必要性が感じられます。

建築現場での防腐処理

現在の現場での一般的な防腐工程は、床組材の組み立て後に行われています。この方法では、ほぞ穴やほぞへの塗布処理ができないので無処理部分を残すことになり、耐朽性上の弱点となっています。一部には、ほぞの部分を中心にポーリングした後、油性防腐剤を注入する手法をとっていますが、この方法の確実性は、インサイジングパターンと同じ位の密度でポーリングを行わなければ100%とはいえません。それは、例えば次のような実験の結果からも推定できます。

表4は、実大の土台に種々の防腐処理を行ってにおいて、殺菌をしていない土壌培地の上に繁茂したナミダタケに暴露した結果を示したものです。ブロム化フェノール系の防腐剤で塗布処理した土台では、表面の1/3に菌糸が生長し、またCCAでは1/2に菌糸が生長してしまいます。そして、前者の場合のように、どこか処理の不十分なところがあると、そこから材の内部に菌糸が侵入し、腐朽を引き起こすということになります。

工法

一方、防腐処理の他の手段として相対湿度を低く保つ方法、すなわち防腐構造法をとることも必要です。この効果を、実験的にナミダタケを対象

にして調べたのが表5です。この実験は、あらかじめ菌糸が材中に生長しているエゾマツ材を、相対湿度が定められている容器の中に入れ、一定期間後に菌糸生長が材表面で認められるかどうかを調べたものです。この結果によれば、安全側を考慮して相対湿度を80%以下に抑えておけば腐朽が防止できることが明らかです。

そこで、まず床下換気孔の問題です。建築基準法施工令では、基礎長さ5mごとに300cm³のものを一つ設けることを規定しています。しかし、実際の腐朽被害を見ると、これだけでは湿度低減が十分にはかかれていないようです。4坪の実験構築物を建てて、換気孔の働きを調べた結果、床の高さが内側で650cmであり換気孔が1.8mに一個つけてあっても、ソイルカバー（床下の土の上に敷く水蒸気をとおしにくいプラスチックフィル

ムなど）がない場合には、外気湿度にもよりますが、相対湿度が90~95%と厳しい状況におかれることがありました。これと同様のことが実際の住宅でも測定されています。

ソイルカバーを敷くと、耐久性上有利な条件を確保できますが、それが床下部材の含水率へ与える影響は図3のとおりです。つまり、実験構築物の床下にソイルカバーのあるところとないところを作って、それらの区画にある土台の所定の位置を水分計で7か所ずつ測定し、その平均値間の差を調べたのですが、危険率5%で1~3回目の測定値に有意差が認められました。また、それぞれの条件で、測定日間の差も認められました。これらのことから、ソイルカバーの効果は確実にあることが分かります。

次に、住宅の使用状態と関連して、結露を防ぐ

表4 土壌表面に置いた防腐処理材のナミダタケに対する防腐性能

| 防 腐 剤 | 菌 糸 生 長 | | 重量減少率 (%) | 強度減少率 ^{c)} (%) | 曲げ強度 (kgf/cm ²) |
|------------|--------------------|----------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|
| | 土壌表面 ^{a)} | 供試土台表面 ^{b)} | | | |
| クロム・銅・ヒ素系 | + | 54.9 | 0 | 0 | 528 |
| クレオソート油 | - | 0 | 0 | 0 | 449 |
| クロルナフタリン系 | - | 0 | 0 | 0 | 504 |
| 有機スズ系 | + | 1.3 | 0 | 0 | 430 |
| ブロム化フェノール系 | + | 31.3 | 6.1 | 30.3 | 332 |
| 無 処 理 | ++ | 87.3 | 26.6 | 55.1 | 151 |

- a) - : 生長なし, + : 生長, ++ : 旺盛に生長
- b) 木口を除く土台表面積に対する菌糸生長の認められた面積
- c) 暴露前後のヤング率から求めた

表5 ナミダタケの菌糸生長と材小片の重量減少率
(あらかじめ菌糸の存在する場合)

| RH ^{a)} (%) | 菌 株 番 号 | | |
|-------------------------|---------------------------------|---------|----------|
| | HFP7701 | HFP7802 | IFO8697 |
| 33.6 | - ^{b)} 0 ^{c)} | - 0 | - 0 |
| 55.2 | - 0 | - 0 | - 0 |
| 75.5 | - 2.3 | - 0.2 | - 0 |
| 80.6 | - 2.0 | - 1.4 | - 0 |
| 93.5 | + 6.3 | ++ 3.3 | +++ 19.0 |
| 97.2 | ++ 11.0 | ++ 7.0 | +++ 24.5 |

- a) 20における相対湿度
- b) 木材小片表面での菌糸生長の程度
- : 生長なし, + : わずかに生長, ++ : 生長, +++ : 旺盛に生長
- c) 2か月後の重量減少率

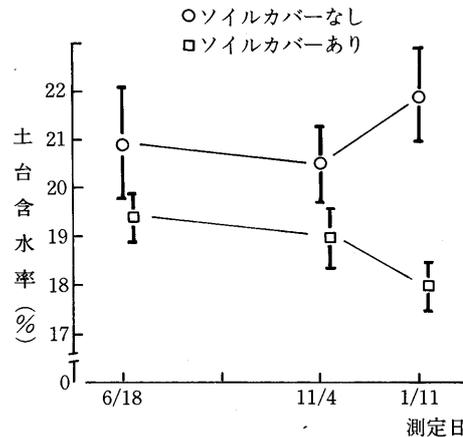


図3 土台含水率に及ぼすソイルカバーの影響

ための通気層工法の効果の一例を示します。通気層工法というのは、断熱材の外側に外気の通過する空間を作り、室内側から壁の中に侵入した水蒸気が通気層をとって壁内から放出されるようにしたものです。

実験結果の一例を示すと図4のようになります。通気層を設けた壁の中の温度は通気層がないものと同様に推移していましたが、湿度は概して低く推移しているのが明らかです。他に多くの実験的

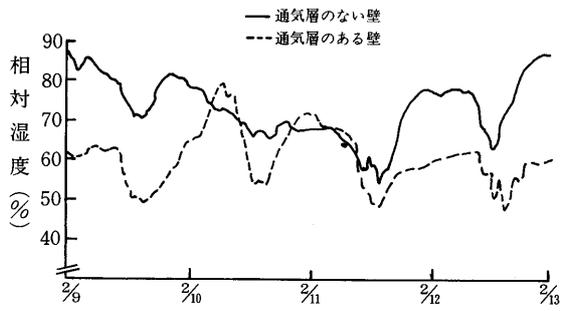


図4 通気層の有無による壁内湿度の差 (断熱材と通気層の境界で測定した値)

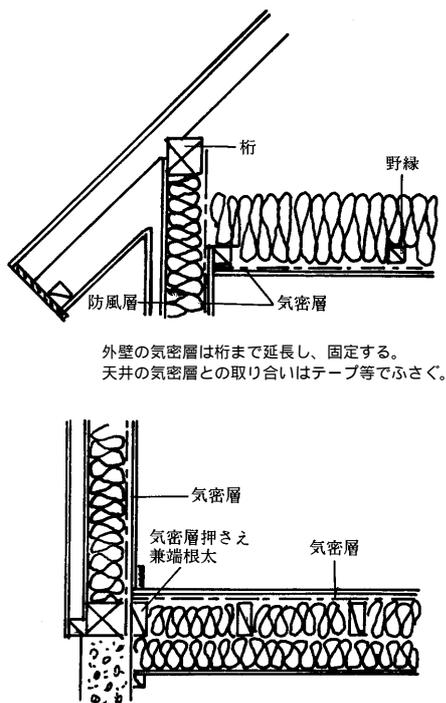


図5 結露を生じないようにした通気層構法の一例
第31回寒地建築技術講習テキスト(1988)から作成

1989年3月号

検証がありますが、いずれも通気層の有用性が認められており実際にはかなりの住宅で採用されています。最近では、断熱層の中に水分を滞留させないように図5のような工夫もされています。つまり、通気層を設けても床下の湿った空気を通気層に流したり、通気層を通過する際に水分を含んだ空気を屋根裏にしておしまうと、通気層の入口や屋根裏付近の断熱層で結露を生ずることがありますので、壁の上下を密閉するのです。

施工

最後に施工上の問題です。工法的に理想的な状態の住宅ができたとしても乾燥材(道内では全製材流通量の5%程度しか普及していない)がほとんど使われていない状況では、それが乾燥するまでの期間に腐朽菌の攻撃を受けないようにする必要があります。以前は乾燥が早く進む時期に限って住宅建築工事が行われ、冬期の工事は避けてきましたが、最近では通年施工が一般的になってきましたので、腐朽害防止策が重要なこととなります。多少水分条件が悪くても、防腐剤などによって乾燥するまでの間を健全状態に保つ必要があるのです。

特に、ナミダタケの被害では土壌が被害発生・拡大に密接な関係を持っていることが明らかにされています。つまり、ナミダタケは木材を腐朽す

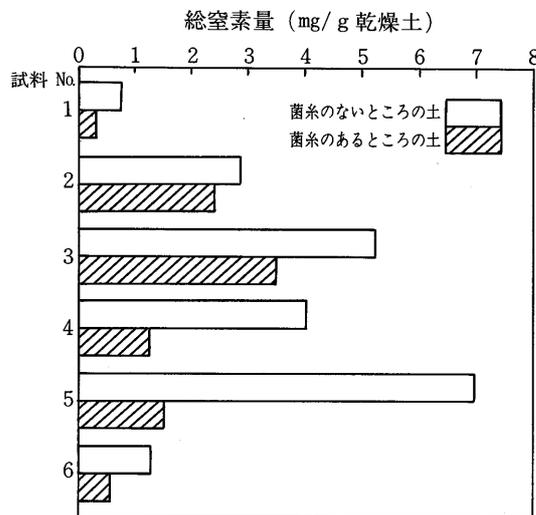


図6 土壌中の総窒素量の変化

る時、土壌中から窒素を吸収して利用しているのです(図6)。したがって、適切な薬剤による土壌処理が必要です。

おわりに

北海道は、気候が寒冷なため腐朽菌の生育には温度の面で不利なことや、シロアリの生育している地域が狭いこともあって、木材の耐久性に関しては本州に比べて有利だと思われていました。ところが木造住宅の場合、この考えは断熱工法を採用する以前には正しくても、断熱工法を採用してからは通用しないことが多くのナミダタケ被害の顕在化によって明らかになりました。

この時から耐久性確保のための対策が検討されてきているわけですが、これまでのものを集約すると次のようになると思います。すなわち、工法の面では床下にソイルカバーを採用し、必要に応じて土壌処理を行い、壁には通気層を設けることです。防腐処理に関しては、特に大引の工場処理が必要であり、また、現場での処理工程を改善して効果的に防腐剤を使うようにすることが必要です。このほか、住宅全体としての換気計画を機械力を使用することも含めて考え、内部で発生した水蒸気を適正にコントロールすることが検討されつつあります。

(林産試験場 耐久性性能科)