

003 温熱環境と健康

テーマ：窓の結露とカビ

2019年11月記載

野池政宏

はじめに

002の「総論」でも書いたように、私が「温熱環境と健康」について最初に出会ったテーマが「ダニ、カビ」だった。その後は「その後、ダニ、カビ（とくにカビ）に関する研究はどこまで進んでいるんだろう？」と時々考えることはあったが、このあたりの情報をほとんど調べずにきた。

2017年だったと思うが、あるセミナーでの講演で、ある人から「夏に高湿な外気を入れるとカビだらけになる」という発言があった。私は「それは浮遊真菌（空気中に浮遊しているカビ）のことを言っているのですか？」と質問したが、明確な回答はなかった。

なぜ私がこんな質問をしたかと言うと、たとえば我が家では夏に高湿な外気を入れて暮らしているが、「目視で」確認できるという意味で「カビだらけになる」という状況は生まれていないし、同じような暮らしをしていると思われる数多くの住宅の見学会などに行ったときにもそうした状況は確認できなかったからだ。先に書いたように、私はカビに対する知識が十分とは言えなかったから、「目視では確認できないけれど、たとえば何らかの方法で浮遊真菌を測定すればカビだらけと言ってよいような状況になっているのかもしれない」と考えたわけだ。

また、同じ人は窓の結露についてかなり断定的な発言を繰り返しており、気になっていた。私がさぼっているうちに「窓の結露→カビ→健康影響」という流れの研究が進み、その人はそのあたりの研究結果を受けて「〇〇という窓は結露するからダメ」という発言をしているのかもしれないと思っていた。

そんなこんなで、「久しぶりに結露やカビのことを真面目に調べてみよう」と考えるようになった。今回のレポート、そしてこれに続くレポートは、そうして調べてみた現段階での結果を紹介するものである。

窓の結露は何が問題か？

ずっとずっと前から「とにかく結露はダメ」「だから窓の結露もダメ」という意見（感情）に強い違和感を覚えていた。この意見（感情）は、住宅建築実務者も持っているし、一般生活者も持っている。つまり「日本全国結露はダメムード」が蔓延していると感じる場面が多く、「整理して考えてる？何を根拠にそう考えてるわけ？」と思っていたわけだ。

「窓ガラス、サッシ、窓枠に生じた結露は、それだけなら何も問題は引き起こさない」。この理解は間違いなく正しい。水の存在自体が問題なら、蛇口をひねって水を出すという行為も、浴槽に水（お湯）を溜める行為も、シャワーで体を洗う行為も問題になる。そんなわけではない。

住宅内での水の存在が問題になるのは、それによって次のような問題が引き起こされる可能性がある場合だ。

- ・水と有機物の存在によってカビが発生する

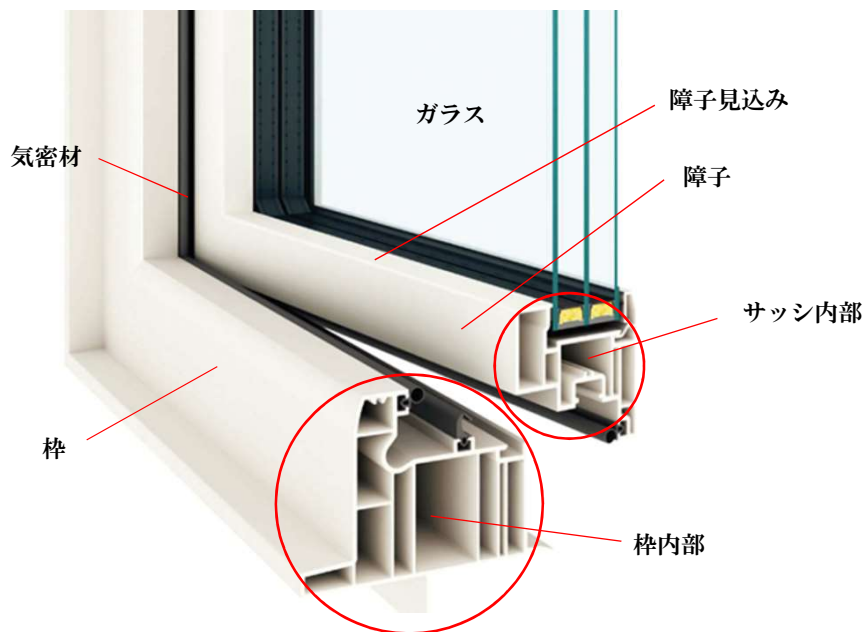
- ・腐朽菌の発生によって木材が劣化する
- ・金属が錆びる（腐食する）
- ・染みなどの汚れなどが生じる

このあたりをきちんと整理して考えないと、「すべての結露がダメ」という極論がはびこる（実際、そうになっている）。

そこで、できるだけ正確に整理しながら、窓の結露に起因する可能性があるこれらの問題を考えてみよう。

このとき、まずは前知識として、窓の構造を理解しておく必要がある。また、ここで使う部位の名称も統一しておかないとうまく理解してもらえない。ここで私が選んでいる名称が一般的に適切ではないかもしれないが、ご容赦いただきたい。

【窓の構造と部位名称】



レール（引き違いの場合）

1) 金属製のサッシや枠の「水平部以外」に結露しているだけ（もしくは他で発生した結露水が移動してこれらの部分に付着するだけ）

この部分はホコリなどの有機物が溜まりにくく、カビ発生の問題はほとんど考えなくてよい。

ここで検討すべき問題は、この部分の金属が腐食する可能性。アルミは腐食に強い材料だが、長期間条件を整えば腐食するようだ。その条件のひとつが有機物の存在。であれば、サッシや窓枠の表面に一定以上の有機物が継続的に付着するという状況はよほど例外的なこと（粘着性の高い食材が飛んで付着し、それを掃除しないとかが起きない限り考えられない。したがって、ここで検討した「結露によって腐食する」という問題はまずないと考えてよいだろう。

なお、サッシなどに使われている樹脂はポリ塩化ビニルであり、「絶対劣化しない」とは言えないが、劣化に強く、とくに水が劣化の主原因になるわけではないので、こうした場合の樹脂部分の劣化も問題ないと考えてよいだろう。

2) グレチャンやビード（ガラスを固定するために使用される樹脂製の部材）、気密部材に結露する。もしくは、他で発生した結露水が移動して付着する。

ガラス、サッシ、レール以外の枠に関する結露で、カビが発生する可能性がもっとも高い部分がここだろう。これらの部材は樹脂であり有機物なので、ここでカビが発生する可能性がある。また、とくに窓の下部は結露しやすく、さらに下部水平部にあるところはホコリなどの有機物が溜まりやすいので、カビが発生する可能性が高くなる。

ここでの論点は次の2つになる。

①ホコリなどが溜まっていないという条件で、どれほどの結露の状況になれば、どの程度のカビが発生するか？

②ホコリなどが溜まっている場合、どれほどのホコリの溜まり具合で（正確には有機物の量で）、どれほどの結露の状況になれば、どの程度のカビが発生するか？

なお、我が家のLDKにある窓はかなり日常的に結露しているし（もちろん冬だけ）、掃除も年末の大掃除のときくらいにしかなないが、10年以上経過してもビード部分にカビの発生は（目視では）確認できない。こうした状況を見れば、少なくとも「グレチャンやビード部分で、目視で確認できるようなカビが発生する可能性はそれほど高くない」と言えるだろう。

3) サッシ内部や枠内部で発生する結露

こうした部分はほとんど密閉された空間になっており、結露が生じる可能性は極めて低いと考えてよいだろう。

4) とくに障子見込みの下部水平部や枠下の水平部に結露する。もしくは、他で発生した結露水が移動して付着する。

障子や枠の下部にある水平部は、他の障子や枠の部分に比べてホコリなどが溜まりやすく、窓の下部は結露しやすい。したがって、1)とは分けて考える必要がある。この部分において「結露する」「一定の有機物がある」という条件を整えばカビが発生する可能性がある。

ここで重要になる論点は、2)でも挙げたように「どこまで結露し、どの程度の有機物の量があれば、どの程度のカビが発生するか？」というところだ。この論点は「結露とカビ」を議論にするにおいて極めて重要になる。

5) レールに結露する。もしくは、他で発生した結露水がここに移動する。

引き違い窓のレール部分は室内に開かれ、さらに凹んでいるため、ホコリなどの有機物が溜まりやすい。したがって4)と同様の可能性がある(論点も同じ)。4)の部分に比べて掃除がしにくく、さらに有機物が溜まりやすい箇所である。したがって、引き違い窓は他の窓に比べてこの問題(窓での結露によるカビの発生)が大きくなると考えてよいだろう。

なお、我が家のキッチンの北面にある引き違い窓は、我が家で浴室を除いてもっとも結露が激しく、有機物も溜まりやすいためか、この窓のレールにはカビが発生していた(目視で確認できた)。2年ほど前まではそのことに気がつかなかったのだが、あるとき「キッチンで料理を始めるとくしゃみが止まらない」という状況が続き(私は小さい頃にひどい喘息で何度も死にかけたことがあるアレルギー体質)、このカビに気がついた。なので、その後はしっかり掃除をすることにした。もちろん限定的な話だが、私は「これくらいの有機物の溜まり具合で、これくらいの結露が続けば、目視で確認できるほどのカビが発生する」ということがわかる経験をしていることになる。

6) 結露水が枠を超えて、他の建築部材に移行する

結露が激しければ、結露水が枠を超えてしまう可能性もある(窓全体の構造によっても、その可能性は変わる)。そうなれば、「クロスに染みができる」「壁部分(内部も含む)にカビが発生する」「木材に結露水が侵入すれば腐朽菌の発生によって腐朽する」など、非常に大きな問題を発生させることになる。なお、一般的にこの問題は引き違いよりも滑り出しなどのほうが起きやすい。

こうやって考えてみると、次のような判断になるだろう。

- ①結露水が枠を超えて、他の建築部材に移行するような結露はダメ
- ②サッシ内部や枠内部で発生する結露の可能性は低い(表面に発生する結露だけに注目すればよい)
- ③とくに「窓(サッシ、枠)の下部にある水平部」は結露しやすく、他で発生した結露水も移動しやすく、有機物も溜まりやすいため、カビが発生する可能性が高くなる
- ④「どこまで結露し、どの程度の有機物の量があれば、どの程度のカビが発生するか？」ということが極めて重要

つまり、部位として注目すべきは「窓(サッシ、枠)の下部にある水平部」であり、ここで「どこまで結露し、どの程度の有機物の量があれば、どの程度のカビが発生するか？」ということが実際にもっとも重要な論点になるということだ。さて、こうした研究はどこまで進んでいるのだろうか？

また、この論点の結論が出たとして、次に「カビの発生量と健康との関係」がわかれば、「窓におけるどの程度の結露が健康に悪影響があるか？」ということがわかることになる。よって「カビの発生量と健康との関係」に対する研究がどこまで進んでいるかを調べる必要がある。

そして「どこまで結露し、どの程度の有機物の量があれば、どの程度のカビが発生するか？」というテーマと「カビの発生量と健康との関係」というテーマのどちらが根本的な論点かといえば、「カビの発生量と健康との関係」のほうがだ。これに関する研究をまず追いかけて、次に「どこまで結露し、どの程度の有機物の量があれば、どの程度のカビが発生するか？」という研究を追いかけることで、ようやく「窓の結露はどこまで問題があるか？」がつかめることになる。そして、そこに至れば、「どんな窓が良いか？どんな窓が良くないか？」という判断ができるようになる(かもしれない)。

そう考えると、かなり膨大な作業が必要だ。ちょっと気が遠くなるが、じっくり進めていくしかない。

窓の結露に関係するパラメータ

ここでついでに窓の結露に関係するパラメータを整理しておこう。以下に「窓」と書いているのは、サッシ、枠、その他の構成部材のすべてを指している。

- 1) 外気温
- 2) 室温（正確には窓近傍の空気温度）
- 3) 室内の湿度（正確には窓近傍の絶対湿度）
- 4) 窓の材料と構造
- 5) 枠に触れている材料と構造

間接的には「窓の気密性」や「換気量」もあるが、ここでは挙げていない。この5つで十分だろう。また実際にはある程度「5) 枠に触れている材料と構造」の影響もあるが、議論がややこしすぎるので割愛する。

こうしたパラメータによって「どこまで結露するか？」が決まる。ここで「外部要因（窓以外の要因）」は1)～3)になる。しかしこのパラメータの設定は非常に難しい。なぜなら、これらのパラメータは、実際の住宅では時々刻々と変化するからだ。しかも、結露した後にどれだけ結露水が残留するかまで検討しないと実際の評価はできない。

そう考えると、たとえば実験室で実験してみようとしたとき、本来であれば「実際の住宅を想定して、1)～3)の条件を時々刻々変えていく」という条件で観察しなければならない。地域の気候の違い、実際の各家庭での室温や室内の湿度の違いを考えれば、その組み合わせは膨大になる。

さらには4)の窓材料と構造にも各メーカーに違いがあり、窓の種類もたくさんあるので、それも組み合わせることになると途方もない作業になる。またこうした研究を大学などの研究機関でやろうとした場合、こうした立場の研究者は「一般解」を出す必要があるので、ひとつのメーカーの窓で実験することはまずあり得ない。

そう考えれば、おそらく、こうした研究を行う可能性があるのは「各メーカー」だろう（おそらく、限られた外部条件と窓の種類の組み合わせによる結露実験は実施されているだろう）。もちろん、別の機会にこうした研究論文などを探してみようと思うが（これを書いているタイミングではやらない）、こうした実際の研究は実施されていないように思える。先に書いたように、ある程度の結論を出すにしても、膨大な条件の組み合わせが必要であり、そこまで時間とお金をかけるようなメーカーはいないのではないかな。

別の方法として、シミュレーションによる検討がある。非定常計算できる結露シミュレーションもあるので可能である。実験に比べると時間とお金はかからないが、私の知る限り「発生した結露水が蒸発することも計算でき、時々刻々として実際に存在する結露水量がわかる」というツールはない。ということで、シミュレーションによる検討は一定の貴重な参考は得られるが、完全に欲しい情報は得られないだろう。

また別に「複数の住宅で実態調査する」という方法もある。片方で温度などを実測しておき、結露の状況を調査すればよい。全国にわたる相当数の住宅で調査すれば有用な知見が得られるだろう。結露水が滞在している時間数や結露水量も測定可能だし、こうした知見は以下のような情報となる。

①少なくとも前の項で挙げた「6) 結露水が枠を超えて、他の建築部材に移行する」という問題を引き起

こさない窓の種類の限界がわかる（もちろん、外部条件の設定によるが）。

②「結露水が滞在している時間数や結露水量」というデータは、カビ発生のもうひとつのパラメータである「有機物の量」と組み合わせた実験などによって、カビ発生のリスクが見えるはず。

「結露水が滞在している時間数や結露水量を測定する」まではやっていないかもしれないが、窓の結露に関する実態調査は行われているかもしれない。期待して探してみたい。