

時機を得た換気扇の運転と空気の道が大切 通気口の維持管理をしやすく

新築のマンションに入居して、まもなく結露やカビが目につくようになる。ディベロッパーへ苦情をいうと、「それは住まい方の問題です」という決まり文句が返ってくる。言いかえると「あなたの使い方が悪い」といわれていることになる。だが、結露やカビの問題をこのひと言で片付けられても、住まい手としては困ってしまう。

ここでは、結露やカビが発生する原因と、その対策を示す。

1. 住まい方と結露

1.1 暮らしに水分発生は避けられぬ



窓に結露した水がサッシから外壁に伝わって流れている。窓は巨大な除湿器であり、室内で発生する水分を排出しないと、断熱ガラスに変えても結露が解消しない場合もある。



地下ピット内に結露が発生している。ピット内の著しい結露は、1階居室の結露の原因となる。ピットの土間は、シート敷きの上、コンクリート土間を打設する。機械換気が結露防止に有効である。



高齢者は温度の急激な変化を嫌うので換気を好まない。このため、高齢者の部屋は結露やカビの被害が生じやすい。高齢者が不快に感じないように制御して換気扇を運転させることが望ましい。



断熱材の下地コンクリート表層に結露やカビの被害が生じている。壁体内を乾かすには、日中、気温が上昇して相対湿度が低くなり、屋内の壁などに染み込んだ水分が室内に蒸発しているときに換気するのが有効である。



結露水が窓サッシから流れ出て廊下の床まで垂れている。



結露によって壁のクロスがはがれ、カーペットにカビが生じていた。



浴室換気扇は、住戸全体の結露解消に有効なのだが、ここでは結露を防げなかった。



窓サッシから流れ出た結露水が外壁を伝って流れる。



壁クロスの背面にまで、結露によるカビが生じていた。



寝室の換気扇にカビが付着している。音がうるさくて止められてしまったと思われる。



結露によって天井や壁の入り隅部のクロスがめくれたり、はがれたりしていた。



外盤には、発泡ウレタンによる断熱処理が施されているにもかかわらず、結露が生じていた。



換気口防虫網が完全に目詰りしている。定期清掃が必要である。

結露やカビの発生は、建物が高气密化したことや建材が調湿機能を失ったことなどに原因がある。加えて、住まい方によることも多いのも確かである。

屋内での水分の発生源としては、日常生活に欠かせない炊事、入浴、洗濯物乾燥などのほか、観葉植物、加湿器、開放型ストーブといったものがある。また、居住者の呼吸によっても水分が発生する。

マンションなどで屋内に見られる結露は、日常生活で発生する水分(水蒸気)の屋外への排出不足、壁に接して本棚やベッドなどを置くことによって空気の入替わりを妨げる、外壁の断熱性能不足などによっても発生する。

結露は、カビ・ダニの発生にとどまらず、壁紙のはがれ、木部の変色、汚れ、ボードのくずれなどを発生させ、カーペットに湿りが生じた場合にはその湿気による冷幅射により室温の上昇が阻害されるといった不快な環境をもたらす。

1.2 昼間不在の家の結露

近年、共働き夫婦が増えたのに伴い、昼間、閉め切った住まいが増えている。このような住まい方が結露を招いている。



ガラリやドア下のアンダーカットがないため、部屋の空気が流通しにくい。



カーテンによって、給気口がふさがれている。側面から給気できるレジスターなどに変更が必要である。



外壁の高い位置に換気口を設けている。これでは足場がないと清掃できない。



玄関まわりに大きな給気口があると、ほかの部屋が負圧とならないため、給気不足の原因となる。



給気口が壁の下の方にあると、冷気を感じるため、居住者にふさがれてしまう。



防火ダンパーのヒューズの腐食破損により、ダンパーが閉まり、ダクト内で結露してしる。



浴室扉にガラリが設けられていないため給気されず、結露している。



換気口内にある防虫網が目詰まりしている。これでは換気できない。



給気口と排気口が棲近している。底などがある場合には、排気を吸って、結露の要因となりうる。

例えば、冬に帰宅して暖房されていない部屋へ入ったとする。このままでは寒いので暖房し、室温が上昇すると、結果として相対湿度が下がり、肌はカサカサ、眼、鼻、のどもカラカラの状態になる。そこで気持ちよく過ごせるように加湿器で室内空気に水分を補給する。朝夕の炊事や入浴などによって発生する水分（水蒸気）の多くが屋内にこもっていて、相対湿度が上昇する。こうして発生した水分は、夜半や早朝に気温が下がると凝結して水に戻り、内装材などの表面や下地に結露する。

また、昼間、閉め切っている住まいでは、空き家の場合も含めて、日中に屋内の気温が上昇するにしたいが、屋内の壁、床、天井、衣類、寝具などに浸み込んでいた水分が蒸発し、夜になって気温が低下するとともに再び結露する。これが毎日、繰り返されるとカビが発生しやすくなる。

日中に換気をすることは室内の水分を排出するチャンスだ。晴れの日、早朝に比べて8～10℃程度の温度上昇があり、室内の水分の蒸発が盛んになる。ここで水分を含んだ空気を屋外へ排出すると、効果的な除湿が出来るのだが日中不在の家ではこのチャンスが生かされない。

このような場合でも、就寝前に換気をして水分の少ない外気と入れ替え、同時に室内温度を下げるようにすれば結露は生じにくくなる。高齢者、病人、乳児などは外気の流入を嫌う傾向があって換気不足になりがちだ。このため、屋内に湿気を閉じこめて結露しやすい環境を招く。

1.3 部分暖房、間欠暖房と結露

わが国では、冬季に室内を部分暖房にすることが多い。暖房室と非暖房室があると、暖房室で発生した水分は、非暖房室に流入し、室温の低い非暖房室の空気の湿度が上昇し、結露が発生しやすい状態になる。

就寝時に暖房を消す間欠暖房が一般的だ。この場合、室温が下がるにつれて、相対湿度が上昇し、結露が発生する。就寝前に窓を開けて屋外空気を取り入れれば、結露を防ぐ効果を得られるが、「言うは易く行うは難し」でなかなか実行され難い。

1.4 夏型の結露

梅雨・台風・秋雨などの長雨の時期には、外気は異常なほど多量の水分を含んでいる。その後に晴れてくると、外気は一挙に高温多湿になる。この高温多湿の空気が屋内に流入した場合、屋内の水道管や、壁、土間などの温度の低い部分に触れて結露するのが夏型の結露だ。

1.5 年中結露する

以上のように、わが国では、冬型の結露と夏型結露が起こり、ほとんど一年中が結露とカビが発生するシーズンといっても過言ではない。

2. 換気の基本

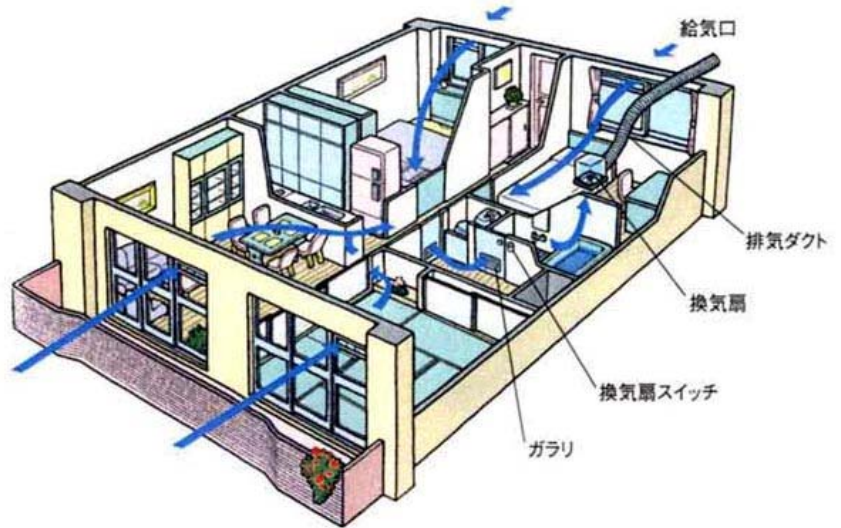
2.1 給気と排気、全体換気と局所換気

換気するという事は、換気扇で排気した量に見合う量の外気を屋内に取り入れる。言い換えると、どこからか給気していることになる。

屋内全体を換気するには、換気扇の排気口からなるべく離れた位置(できれば複数個所)に給気口を設け、屋内全体を通して空気が流れるようにしなければならない。この場合、給気口には、向かい風や吹き上げ風の影を避けるために風除けカバーを設け、屋内には空気の通り道を形成するためにドアの下部に隙間(アンダーカット)やガラリを設けるといった配慮が必要になる。

また、冬季、冷気の流入を肌を感じる位置に給気口が設けられていると、寒さに耐えられなくなるためふさがれて換気が行われなくなってしまう。これは設計者のミスで、給気口は身長より高い位置に設けるべきである。カーテンで給気口をふさぐ、給気口の防虫網が目詰まりする、鳥が巣をかけるなどのケースもある。

空気の通り道を確保するための基本的な考え方



(給気) 湿気の少ない外気を取り入れる

(排気) 浴室やキッチンなどから集中的に排気

※寝室に換気扇を取り付けると

音のクレームが出るので壁けたほうが良い

住戸ではこうして空気の通り道を確保

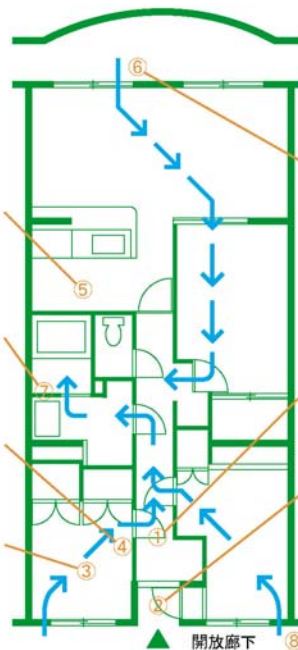
住戸ではこうして風の通り道を確保

台所に専用の給気口がなく、局所換気となっていない場合、寒いという理由で居室の給気口がふさがれることがある。また、台所の排気口に逆流防止弁がないと、排気口から給気され、他の部屋の給気が不足する。

浴室や洗面所の窓を開けて換気をする、水周りの局所換気となり、住戸内全体の換気とならない。

開き戸にアンダーカットやガラリ、引き戸には合わせ部に隙間を設ける。

寝室は二酸化炭素の発生が多いことから最も給気が必要である。しかし、寝室に換気扇を設けると運転音のクレームが出るので注意が必要だ。



基本は、すべての部屋に給気口を設け、空気がよどまないようにすること

壁に給気口がない場合は、サッシ上框(かまち)を換気框(かまち)に取り替える。補助錠を付けた上、ドアの合わせ部に隙間をつける。

給気口から排気口に至る空気の通り道を確保する。

玄関周りに大きな給気口を設けるとこぼれ給気され、他の部屋の給気が不足する。

給気口は、建物周囲の風の影響や室内の温度変化に対応できる機種を選定が必要である。



換気口に逆流防止の風除け板が設けられている。



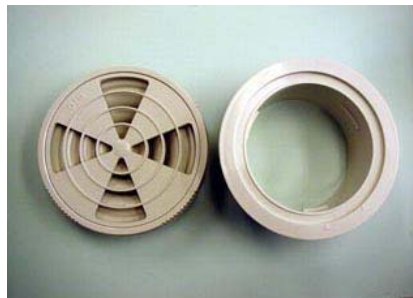
吹き上げ風がフード上面メッシュから抜け、逆流防止となるタイプの換気口



防犯錠を取り付けた上、ドアの合わせ部にすき間を設け、給気を確保した。防犯上は注意が必要。



サッシに換気口がついた上権がついており、窓を閉めた状態でも換気ができる。



カバーの取り外しや防虫網等の清掃が容易な換気レジスター



布団があたるとふさがるレジスターを側面から吹き出すタイプのレジスターに更替した。



脱衣場のドアに換気ガラリがついている。



換気口にワンタッチで取り替えられる消臭フィルターや花粉フィルターもある。



開放廊下を歩く音が気になり、給気口を閉めていた。音を小さくするため、給気口内に消音管を設置した。

給気口が目詰まりしても掃除ができないような場合も見受けられる。

設備設計者も、換気扇の選定業務にとどまらず、もっと踏み込んで換気全般をにらんで設計することを心がけて欲しいものである。

換気扇と給気口が接近しているような例では、換気扇を運転しても換気扇近傍の空気が短絡して動くだけで、室全体の換気にはならないので、注意する必要がある。

なお、台所のように大量の水蒸気と二酸化炭素を発生する場所では、局所換気を行う。この場合、排気した空気を給気しないように、排気口と給気口を離して配置する。

3. 換気扇による換気のすすめ

3.1 人手に頼る換気の限界

結露の発生を抑える簡単で確実な方法は、屋内と屋外の空気を入れ替える換気であることは確かだ。とはいえ、屋内に湿気を取り込まないようにし、除湿効果のあるときだけ換気を実施することは実際にはなかなか困難である。窓の開閉や、換気扇スイッチのオン、オフを、いちいち人がやるというのは手間がかかりすぎる。まして、空き家や共働き家族など、昼間が留守になる住まいでは、ほとんど実行不能である。

そこで、人手に頼らない換気方法として、換気扇を活用することが考えられる。



玄関扉に著しい結露が生じている。枠埋め込みまわりに■やカビが生じている。



排気口の清掃のため換気カバーを取り外している。



浴室換気扇吸い込み口がほこりでふさがっている。内部が清掃されず、排気不足の原因となっている。



断熱不足と換気不足により、アルミサッシに著しい結露が生じている。



排気口の9割が排煙や紛じんでふさがっている。換気口の役割を果たしていない。



浴室換気扇の吸い込み口カバーを取り外す。内部まで入念な清掃が必要である。



窓まわり仕上げ材が結露により雑がられている。ボードの下地コンクリート表面に結露水が流れている。



取り外した換気口に汚れが付着し、防虫網が目詰まりしている。



取り外した浴室換気扇の吸い込み口カバーをブラシで清掃する。

3.2 換気で室内水分が増えることも

換気が結露・カビの防止に有効だからといっても、例えば、浴室などの換気扇を連続して運転したのでは湿気除去の効果とは無関係に換気し続けることになり、冷暖房の熱損失は大きく室内の快適性も損なわれる。

また、降雨時にはかえって湿気を屋内へ取り入れ続け、屋内の湿気を高めてしまう。結露・カビ防止のために換気扇の連続運転が勧められることがあるが、連続換気の結果として結露を促進する結果になる場合がある。

このように考えると、望ましい換気のあり方というのは、屋内と屋外の空気中の水分量を比較して、湿気の排出効果のあるときだけ換気扇を運転するようにすればよいことになる。

これを実現するには、空気中の水分量を検出するセンサーに連動させ、湿気を排出する効果のあるときだけ換気扇を運転するように制御できる換気方法が適していると考えられる。

3.3 換気扇と空気の通り道

マンションの浴室にある小さい換気扇でも、浴室の換気だけでなく、住戸内全体の換気と湿気調節の働きができる。換気扇で換気するということは、排出した空気の量に見合う量の外気を屋内へ取り入れることである。したがって、換気口や換気ガラリなどから換気扇にいたる空気の通り道を形成して住戸内の空気のだよみが生じないようにすることが必要だ。これによって住戸内全体の換気が行われ、住まい全体の結露やカビの発生を抑制できる。

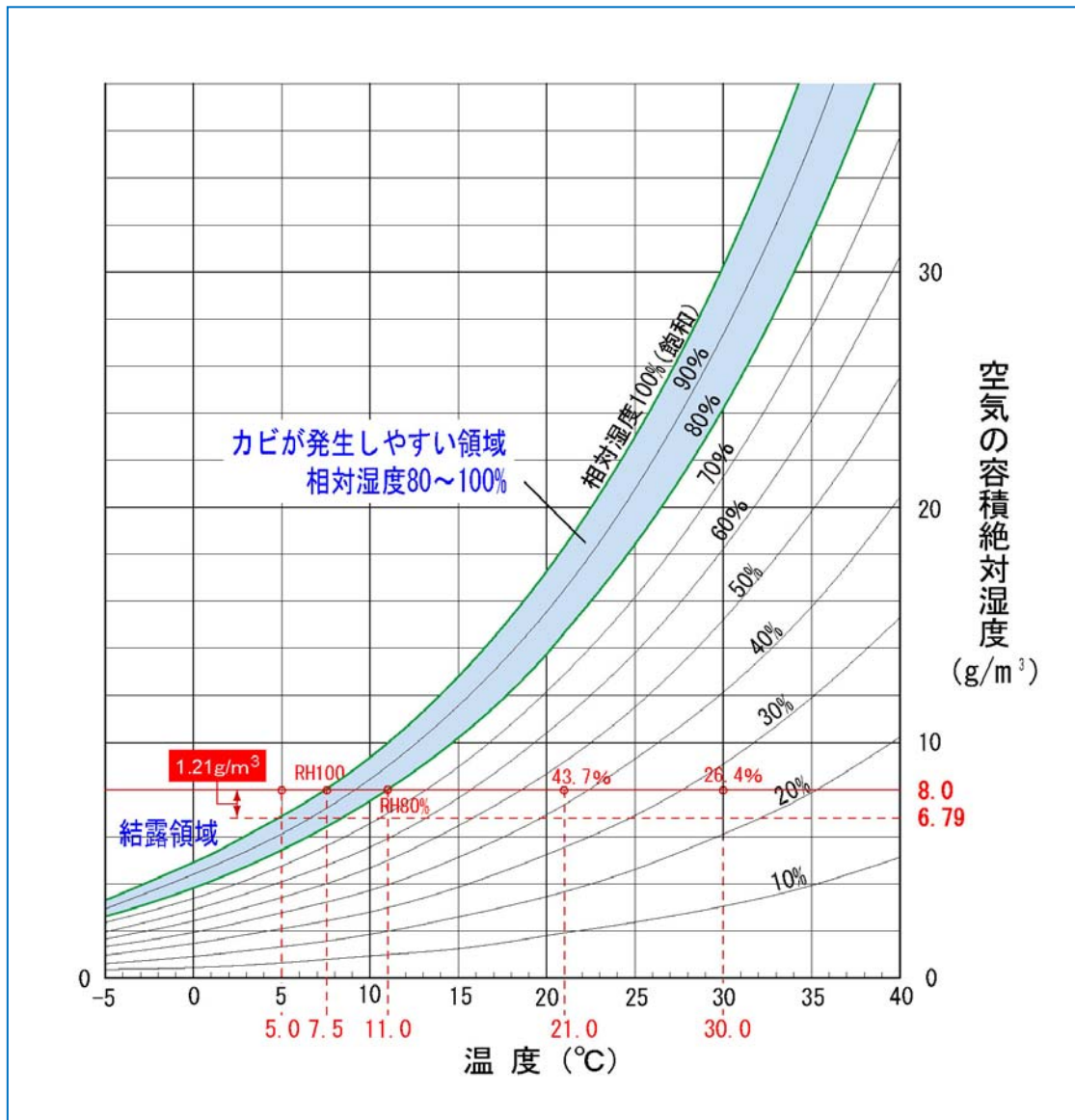
換気扇と外気を取り入れる給気口などとの位置関係が適当でない場合、換気扇の直近にだけ空気の通り道が形成されるので住戸全体を換気する効果は得られない。部屋ごとに換気口やサッシの換気枢(かまち)を配置して、給気口から排気口に至る空気の通り道を確保すれば、住戸内全体の換気が効果的に行われ、すべての部屋の空気がよどまないようになる。

以上から給気に関して、注意すべき点を整理する。①玄関まわりに大きな給気口を設けるとほかの部屋の給気が不足する。②寝室は炭酸ガスの発生が多いことから最も給気が必要である。③寝室に換気扇を設けると運転音のクレームが出やすい。④開き戸にはアンダーカットやガラリを設け、引き戸には合わせ部にすき間を設けて、空気の通り道を確保する。⑤台所が局所換気となっていない場合は寒さから給気口をふさがれやすい。⑥台所の排気口に逆流防止弁がないと、ほかの部屋の給気が不足する場合がある。

3.4 湿度と温度

湿気が高い(低い)という言葉は空気中の水蒸気量の多い(少ない)ことを表している。また、「湿けている」という表現は、布団や衣類が含んでいる水分の多いことを表す言葉である。いずれも感覚的な表現であり、これを定量的に示すには湿度という指標が必要である。

湿度を理解するには、次のことを理解する必要がある。「空気が含み得る水蒸気の量には上限があり、相対湿度が100%になると、水分は水蒸気としてそれ以上存在できなくなり、水となる(結露)」。



上の図は、空気線図を使って、空気の温度と相対湿度および絶対湿度の関係を示している。空気の温度、横軸は絶対湿度、曲線は相対湿度である。

相対湿度を示す曲線の一番外側は飽和相対湿度(100%RH)であるが、温度の変化に伴って大きく変動することを示している。

例えば、1m³中に8.0gの水蒸気量を有する空気(絶対湿度が8.0g/m³の空気)があるとする。この空気が水蒸気量の増減がないままで、その温度が下がってゆくとすると、30°Cのとき相対湿度は26.4%、21°Cのときの相対湿度43.7%、11°Cのときの相対湿度80.0%、7.5°Cのときの相対湿度100%(飽和相対湿度)と変化する。この空気の温度がさらに下がって5.0°Cになると、もはや1m³中に8.0gの水蒸気量を保有できなくなる。5.0°Cの縦軸と飽和相対湿度の交点にあたる絶対湿度6.79g/m³が水蒸気で残り、8.0-6.79=1.21g/m³は結露して水になることを示している。

このように、一定の水蒸気量を有する空気、すなわち一定の絶対湿度の空気であっても、相対湿度は空気の温度によって変動する。温度が上がれば、相対湿度は低くなり、温度が下がれば相対湿度が上昇する。

絶対湿度は、空気中に含まれている水蒸気量を示し、空気の温度によって変動しない指標であり、結露や除湿の問題を扱うのに適した物理量である。

一方、相対湿度は、人間の感覚と比較的一致するという理由で日常的に用いられている指標で、ある状態の空気中の水蒸気量と同じ温度における飽和空気の水蒸気量の比を百分率で表したものである。このため、同じ相対湿度であっても、温度が異なるとその空気中に含まれている水蒸気量は異なってくる。例えば、相対湿度が 50% の場合の水蒸気量は、30℃ のときは 15.2g/m³ で、0℃ のときは 2.4g/m³ となる。

空気の温度と相対湿度が定めればその絶対湿度も定まる。一方、空気の温度と絶対湿度が定めれば相対湿度が定まる。

以上から、換気扇の運転を制御することによって室内空気に含まれる水蒸気量を減少して結露を防止しようとする場合は、室気の温度によって値が変動する相対湿度を指標とするのではなく、絶対湿度を指標として水蒸気量の増減を計測するシステムが有効なことがわかる。

3.5 換気扇自動制御方法の比較

換気を有効にする目的で、換気扇の運転を自動制御して室内の湿気を排除する方法が過去にいくつか考案されているが、いずれの方法も問題を解決するには至っていない。

相対湿度によって制御する代表的な例が湿度センサーを内蔵した換気用スイッチだ。室内空気の相対湿度 30~80% の範囲内でスイッチのオン、オフを設定できる。

しかし、この方式では湿度に着目して換気扇の運転を制御しているものの、相対湿度の測定値で制御しているため、空気中の実際の水蒸気量が減少するように制御しているわけではない。外気の水蒸気量の方が屋内よりも高い場合にも換気扇を運転して屋内へ水分を取り入れてしまう。逆に外気の水蒸気量の方が屋内よりも低い場合に、換気扇を停止して結露防止に有効な換気のチャンスを失う可能性がある。

4. 換気扇自動コントロールスイッチ

4.1 水分量で制御

筆者は、新しい発想の換気扇の自動コントロールスイッチ「ナチュレーヌ」を考案した。

このスイッチの特徴は、相対湿度および室温を検出するセンサーと、検出したデータを解析し、絶対湿度に換算して、換気扇の運転を自動制御するプログラムを内蔵し、室内空気中の湿気(水分)を減少させる効果の得られるときだけ運転するよう換気扇を制御する点にある。

このスイッチを取り付けた浴室などの換気扇は、スイッチに内蔵したセンサーが働き、一定の時間間隔で室内に外気を取り入れる。その際に絶対湿度を算定し、換気扇を運転する前と運転した後のデータを比較。空気中の水分量が減る傾向が認められるときには運転を継続させるが、そうでない場合には最低限必要な運転モードを継続する。

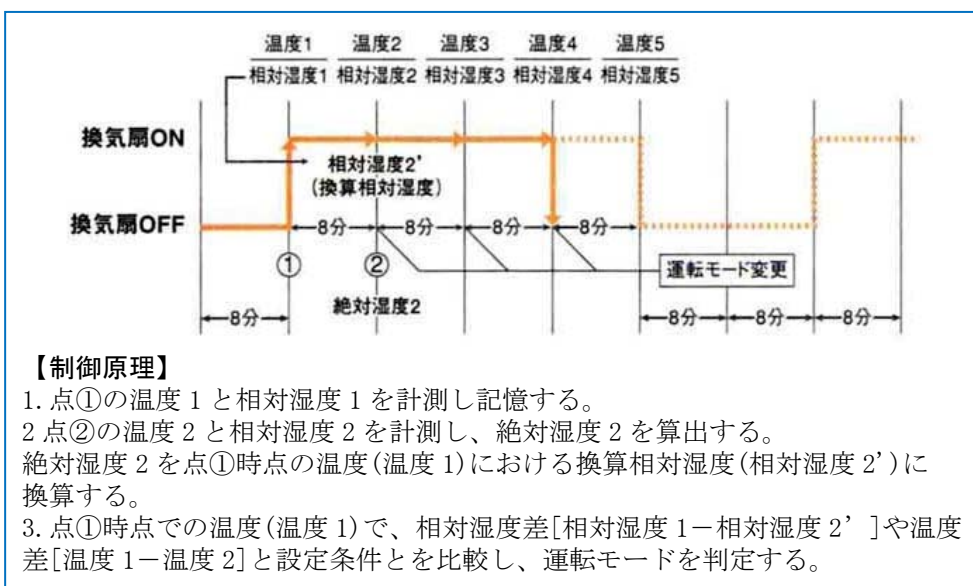
この方式では、屋内へ取り入れた外気をセンサーが測定する方式をとっているため、センサーを屋外へ設置する必要がない。また、在来型のスイッチと簡単に付け替えることができるので、既存の建物やマンションへの取り付けが容易なのも利点だ。

水分量で換気扇を制御するスイッチ「ナチュレーヌ」



【チュレーヌの運転モード】

- : 運転時間が最も長い。主として換気回数数を多くすることを目的とする。効果のある条件では、瞭限なく運転する。トランクルームなどの換気にも適している。
- : 運転時間がソフトより長い。結露防止効果とともに換気回数を高めることを目的とする。(換気好きの人に適している)
- : 運転時間がパワフルより短い。主として結露防止効果を目的とする。最も湿気を取り込まない。地下ピットにも適す。
- : 照明の点滅により浴室の使用開始、使用後を判定し、入浴中、入浴後の浴室の適切な換気を行なう。
- : 照明のスイッチ機能がない。



【ナチュレーヌの運転ルール】

ナチュレーヌは8分おきに測定する温度と相対湿度から絶対湿度(水分量)を算出する。この水分量によって前回測定した温度における相対湿度がいくらになるかを換算して、現在の相対湿度と比較することで、換気すると水分量が減少するか、増加するかを判定して、換気するか否かを判断する。また、換気によって湿温が急激に変化するのを避けるため、温度が1.5℃以上上昇した場合と1℃以上下降した場合に換気扇を停止する。