

住宅室内のカビ汚染と防止に関する研究

小峯 裕己

1. 研究目的

近年、住宅の断熱・気密性能の向上に伴う室内温熱環境の改善、シャワー使用人口の増加、観葉植物の室内栽培等、室内水蒸気発生量の増大に繋がる生活様式の変化と、花粉症に代表されるアレルギー疾患患者の増加などが相まって、住宅室内におけるカビ汚染、これに伴う健康影響等の被害は年々増加する傾向にある。

カビ汚染に関する既往の研究の多くは、微生物学者・医学系学者らが実施したものがほとんどで、住宅室内環境・換気設備や建材の物理的特性等との関連で、カビの繁殖条件、並びに対策を検討したものは皆無に等しい。

現在、多くの住宅で講じられている対策は、防カビ剤の使用が最も一般的である。しかしながら、本来の対策とは、種々の建築学的手法を用いて、カビが発生しにくい、もしくは、カビが繁殖しにくい住宅室内環境を形成することであると考えられる。

本研究では、まず、チャンバー曝露実験により、建材上へカビが発生しやすい温湿度範囲を明らかにする。

次に、カビが発生しにくい室内温熱環境を確保するための1手段として考えられる、換気のカビ発生に対する効果を実験的に確認する。

また、住宅で最もカビが生えやすい浴室における対策を検討するため、実測により、実際の住宅の浴室における温湿度の経時変化を明らかにする。さらに、実物大

の模型実験に基づいて、カビ汚染防止を主たる目的とした同時給排気型換気設備提案のための技術資料の蓄積を行う。

2. 建材上へカビが繁殖しにくい温湿度範囲解明のためのチャンバー曝露実験

2.1 実験目的

カビが発生しにくい、もしくは、カビが繁殖しにくい住宅室内環境を形成する上で必要な建築学的手法を検討するため、住宅内で検出される頻度が高いカビ4菌種の胞子の懸濁液^{注1)}、カビの発芽に必要な養分代りの卵黄を塗布した建材を、温湿度条件を系統的に変化させた恒温恒湿箱内に入れ、カビの発生状況、生育面積等を観察するチャンバー曝露実験により、建材上へカビが発生しやすい温湿度範囲を明らかにする。

2.2 実験概要

(1) 実験対象としたカビ菌種

既往の研究^{文1)}により住宅内で出現頻度が高いとされている以下のカビ4菌種を対象とした。

- 低温性菌の ① Alternaria ② Cladosporium
- 中温性菌の ③ Penicillium ④ Aspergillus

(2) 曝露した温湿度範囲

図2-1に実験で設定した曝露温湿度範囲を示す。大木の報告^{文2)}を参考に、設定条件を決定した。

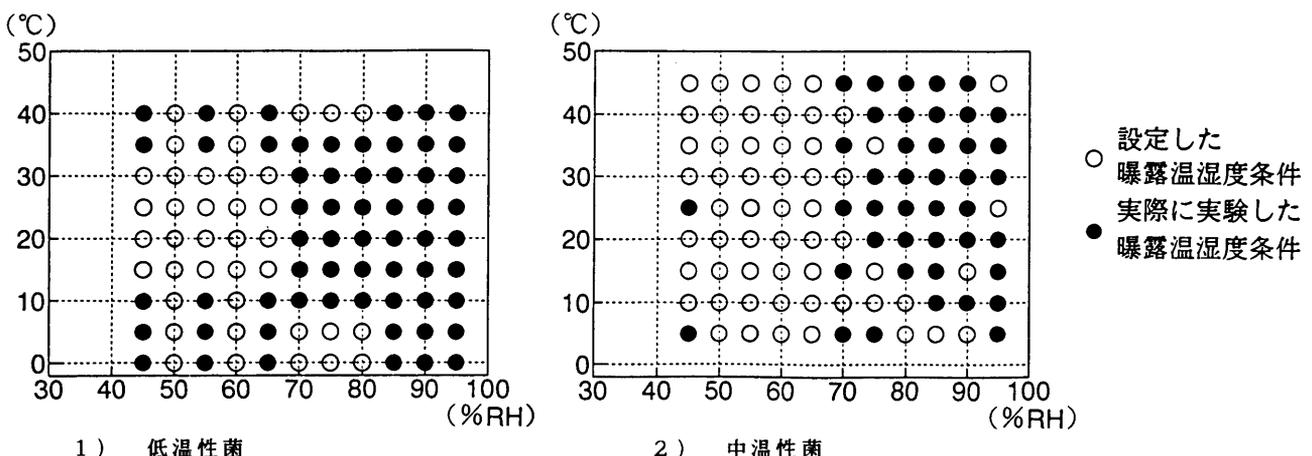


図2-1 曝露する温湿度の設定条件

なお、ある曝露条件下での実験終了後に、次の曝露温湿度条件を決定したので、必ずしも設定した全ての温湿度条件に関して、実験を行っているわけではない。

(3) 曝露した建材

カビ胞子の懸濁液、発芽に必要な養分代りの卵黄を表面に塗布する材料を基材と呼ぶ。

表2-1に実験で使用した基材を示す。室内仕上げ材の内、畳表・ベニヤ・杉板・壁紙・布の5種類の建材を用いた。曝露試料作成時の実験対象以外の菌種の付着の有無を確認するため、餅も同時に曝露した。

(4) 実験方法

①湿度の調整方法

吸放湿性に優れた塩化カルシウム CaCl_2 ・二水塩を用いて、透明アクリル製の箱 (25×25×25cm) 内の湿度調整を行った。あらかじめ求めておいた箱内相対湿度と $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ の重量比の関係(表2-2)に基づいて、設定湿度に対応した濃度の水溶液を注入し、漏気による相対湿度の変化がないよう、ビニールテープで密閉した。

②温度の調整方法

微生物培養で用いられる低温恒温器に、上記の箱を据え付け、曝露温度を一定に維持した。

③曝露試料の調製方法

曝露試料の調製過程を図2-2に示す。所定寸法切断後、オートクレーブで加圧蒸気滅菌した基材表面上に、

表2-1 曝露実験で使用した基材

基 材	大 き さ	数 量	使 用 法
畳表	6cm × 6cm	1 枚	畳表を2枚重ねて使用
ベニヤ	6cm × 6cm	1 枚	厚さ2mm
杉板	6cm × 9cm	1 枚	厚さ8mm
壁紙	6cm × 6cm	1 枚	2枚重ねて使用
布	6cm × 6cm	1 枚	3枚重ねて使用
餅	4cm × 6cm	1 個	無菌化バックした物を使用

表2-2 曝露する相対湿度と塩化カルシウム濃度の関係

設定相対湿度(%RH)	CaCl_2 (g)	H_2O (g)	$\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$
45	200	200	1.000
70	110	200	0.550
75	90	200	0.450
80	75	200	0.375
85	50	200	0.250
90	25	200	0.125
95	15	200	0.075

クリーンベンチ内で卵黄と所定濃度に希釈したカビ胞子の懸濁液を塗布したものを曝露試料とした。

④曝露期間・観察内容

図2-3に示すように、調製した曝露試料を水平に入れたアクリル箱を、低温恒温器に入れ、設定温湿度下で12日間曝露した。

曝露期間中1日1回、基材上へのカビ発生の有無、発生後の生育面積を目視により観察するとともに、アクリル箱内の温湿度を神栄電気製温湿度センサー (RHS-650-232) で測定した。

⑤評価尺度

カビの発育度に関する評価尺度は、「カビ抵抗性試験方法 JIS Z 2911」^{※3)}に準じた基材上への発育面積の大きに基づく4段階尺度と、発生するまでの日数の長短に基づく4段階尺度の両者を用いた。

2.3 実験結果

アクリル箱内温湿度の曝露期間中の変化は、±0.1℃、±3%程度にすぎず、設定温湿度を満足していた。

(1) 曝露後のカビの生育状況

写真2-1に、曝露後の基材の状況の1例を示す。12日間経過しても、基材によっては全くカビが生えていないもの、表面全体に生えているもの等、基材により生育状況が大きく異なっていた。また、全ての基材とも、ほとんど表面全体にカビが生えていた場合もあった。そこで、単に発生したか否かだけでなく、前述の二つの評価尺度を用いた評価を行った。

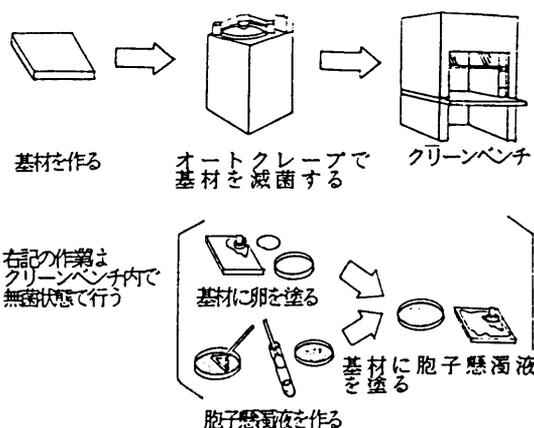


図2-2 曝露試料の作成手順

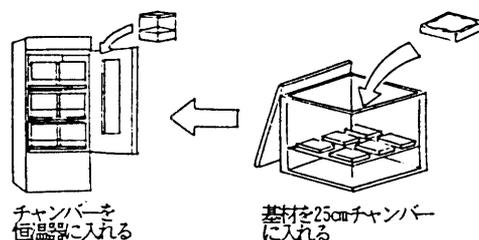


図2-3 基材の曝露方法

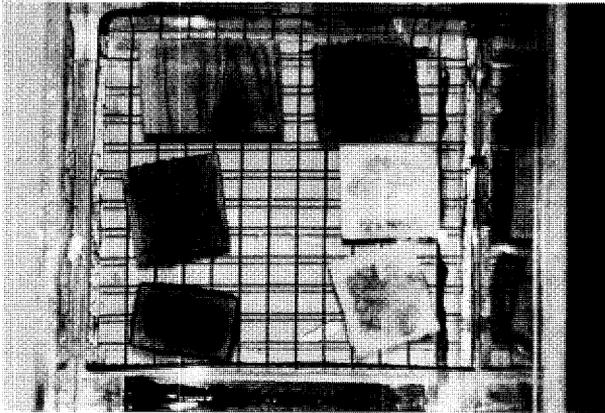


写真2-1 曝露後の基材の1例

(2) 基材による発生・生育状況の差異

図2-4に、カビ菌種別、基材別に、発生が認められた温湿度範囲の1例を示す。生育面積に基づく尺度と発生日数に基づく尺度とで、繁殖状況の評価に大きな差異が認められなかったため、紙面の関係で、前者の尺度を用いた評価結果だけを示した。

4菌種とも、基材により発生・生育状況に差異が認められた。対象とした基材の内、畳表はカビが発生した温湿度範囲が最も広く、壁紙は最も狭かった。全ての基材とも、相対湿度80%以下の温湿度範囲では、ほとんどカビの発生が認められなかった。これらの傾向は、4菌種に共通のものであった。

(3) カビ菌種による発生・生育状況の差異

カビが発生した温湿度範囲が最も広がった畳表における中温性菌と低温性菌の生育温湿度範囲を比較した。

前述の図2-4に基づくと、低温性の *Cladosporium*・*Alternaria* は、10~30℃・85%RH以上の温湿度範囲で発生が認められたが、中温性の *Aspergillus*・*Penicillium* では、20~40℃・80%RH以上の温湿度範囲と、後者の方の温度範囲が高めであった。しかしながら、相対湿度の範囲に関しては、両者とも大差がなかった。

(4) 建材上へカビが発生しやすい温湿度範囲

図2-5に、本実験で対象としたカビ4菌種のいずれかのカビが畳表上に発生した時の温湿度範囲を示す。

20~30℃・90%RH以上の温湿度範囲であれば、いずれのカビとも発生し、5~45℃・80%RH以上の範囲では、いずれのカビが発生した。前述のとおり、畳表におけるカビ生育温湿度範囲が最も広がったので、他の基材を含め、図中の範囲外では4菌種のいずれのカビとも発生しなかったことを意味している。従って、全ての基材とも、湿度にかかわらず5℃未満または45℃を超える温度、もしくは、温度にかかわらず80%RH未満の湿度では、対象とした建材に限ると、カビが発生しなかったと言える。この温湿度範囲が、住宅内でカビが発生しにくい温湿度範囲の一つの目安になると考える。

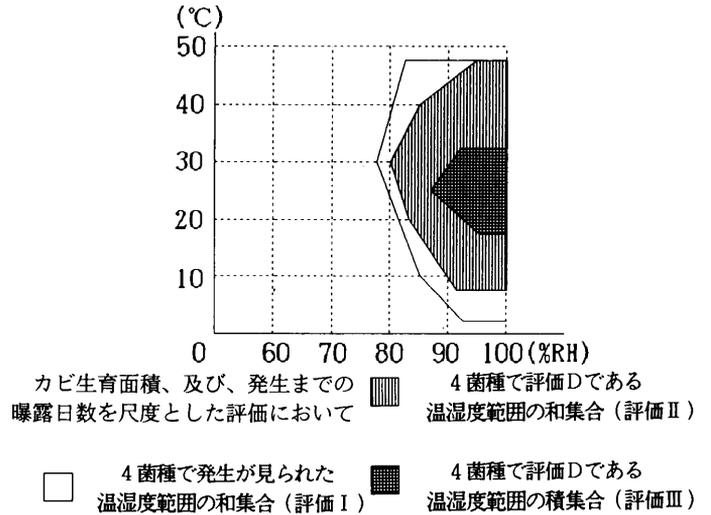


図2-5 畳表上にカビが発生した温湿度範囲 (4菌種の内いずれかが発生した場合)

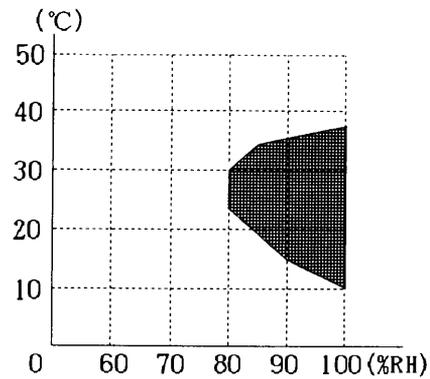


図2-6 *Aspergillus* がガラス上へ発生した温湿度範囲 (大槻による)

(5) 既往の研究成果との比較

①菅原文子発表の「建材上のカビの成長速度に与える温湿度の影響について」の研究^{文4)}との比較

菅原の実験によれば、本研究で発生が認められなかった5℃の低温時でも *Penicillium* 菌糸の成長が認められた。菅原の場合、基材上へコロニーを植え付け、菌糸の成長速度を観察しているのに対して、本研究では、カビ胞子懸濁液を塗布した後のカビの発生の有無を検討した。カビ汚染の初期段階に対する認識の差異に起因する実験方法の違いによるものだと考える。

②大槻虎夫発表の「ガラスなどの対象物の真菌類の繁殖について」の研究^{文2)}との比較

図2-6に示す大槻が発表した「*Aspergillus* がガラス上に発生し易い温湿度範囲」に比べ、本研究で得られた温湿度範囲は広がった。使用した基材がガラスと建材とで異なっているほか、本研究の方が対象としたカビ菌種数が多いことに起因すると考える。

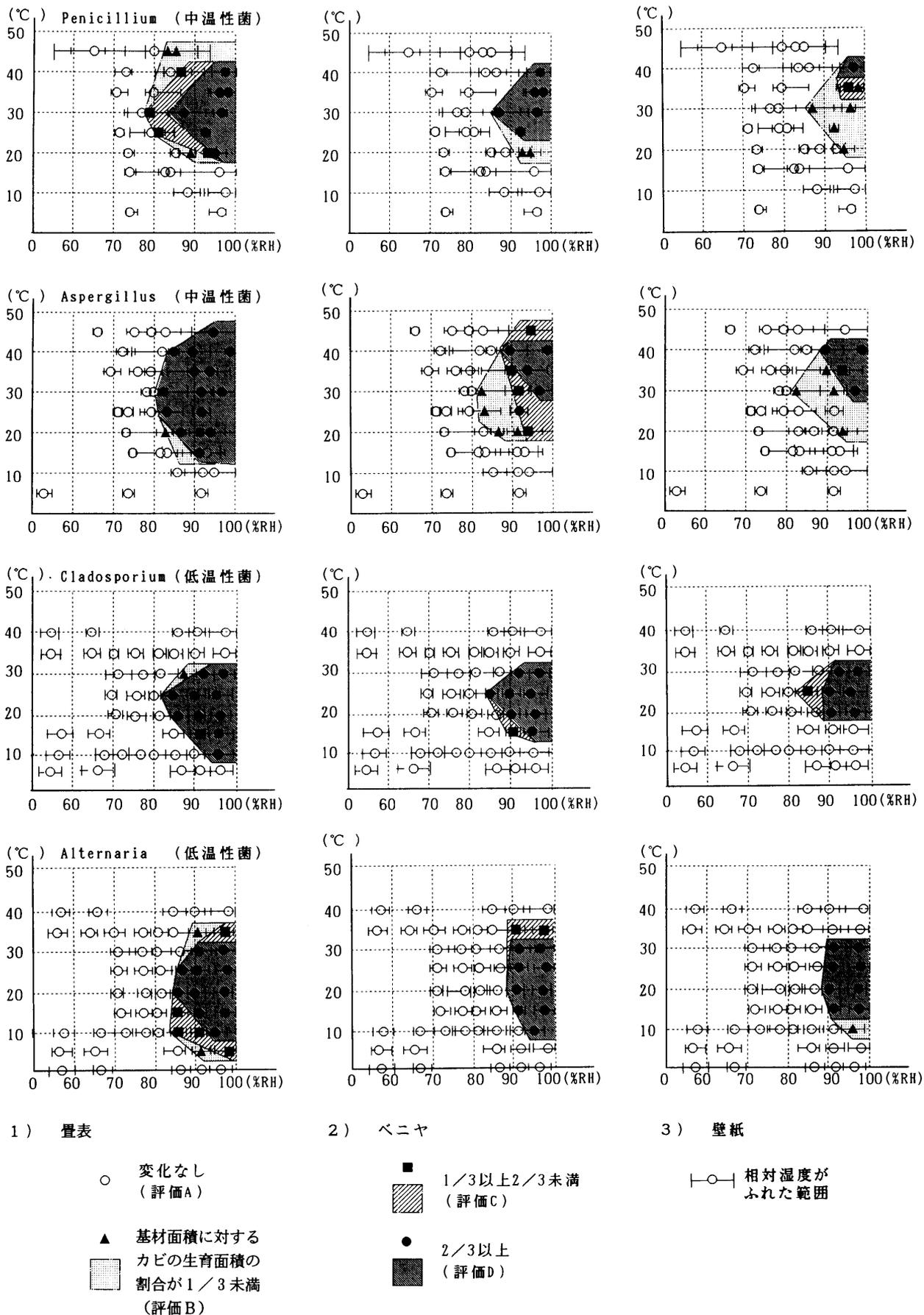


図2-4 カビ菌種・基材ごとのカビ発生が認められた温湿度範囲

3. カビ汚染防止に対する換気効果検証のための実物の居室を用いた一対比較実験

3.1 実験目的

前章の結果を踏まえると、カビ汚染を防止するための室内環境を確保する手段として、換気により室内相対湿度を低減させる方法が考えられる。

そこで、平面が同一で隣接する換気を行う居室と換気を行わない居室2室にカビ孢子懸濁液を塗布した建材を設置し、これらへのカビ発生状況を観察して、換気のカビ生育に対する抑制効果を実証する。

3.2 実験概要

(1) 実験対象とした菌種

住宅内で出現頻度が高い *Aspergillus* を用いた。

(2) 使用した基材

畳表・ベニヤ・壁紙・布・餅を用いた。

(3) 使用した居室

図3-1に、本実験で使用した居室の平面図を示す。某企業が所有する独身寮の1階北側の床面積、平面等が等しい2部屋を使用した。

(4) 実験方法

①換気状況の再現方法

一対比較実験をするため、一方の室には給気用と排気用の換気扇を設置した。換気扇は、2台とも熱交換型換気ユニット用コントローラーで、室内エンタルピー>外気エンタルピーの時だけ運転するような自動制御を行った。また、2台の換気扇の間には仕切り板を設け、給気と排気のショートサーキットが発生するのを防止した。もう一方の室は、窓を閉鎖したままの状態とした。

両室の換気回数は「屋内換気量測定方法(炭酸ガス法) JIS A 1406」に従い測定した結果、以下のとおりであった。

換気有りの室

(換気扇 ON の状態) 換気回数5.7回/h

(換気扇 OFF の状態) 換気回数2.6回/h

換気無し室 換気回数1.1回/h

②カビ生育の最適環境の再現方法

両室とも湿度の測定値に基づいて運転を制御する加湿器を設置し、常時80%RH以上の湿度を保つように作動させた。両部屋とも閉め切って、観察や加湿器の水補給時以外は出入りはないものとし、室温は自然気温とした。

③曝露試料の調製方法

前章で述べた調製過程に従った。

④曝露期間・観察内容

調製した曝露試料を各々の部屋中央の台上へ設置し、12月前半の14日間曝露した。

曝露期間中1日1回、基材上へのカビ発生の有無、発生後の生育面積を目視により観察した。各室内温湿度の経時変化は、神栄電気製温湿度センサー(RHS-650-232)で自動測定した。

⑤評価尺度

前章で用いた2種類の評価尺度を用いた。

3.3 実験結果、及び、考察

表3-1に、換気有りの部屋と無しの部屋でのカビ発生

表3-1 換気の有無によるカビ発生状況の差異

	壁紙	ベニヤ	布	餅	畳
換気扇有り (カビ発生日)	N D	N D	N D	N D	N D
換気扇無し (カビ発生日)	○ (13)	N D	N D	◎ (8)	N D

菌糸の生育が認められない・・・N D

菌糸の生育面積が全面積の1/3 未満・・・○

菌糸の生育面積が全面積の1/3 以上・・・◎

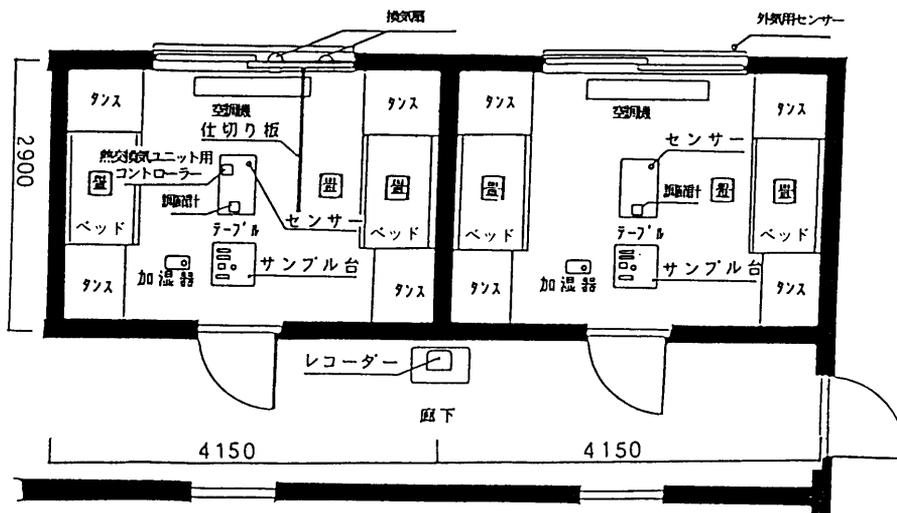


図3-1 一対比較実験で使用した居室の平面

単位：mm

状況の観察結果を示す。

換気有りの部屋では、全ての基材ともカビ発生が全く認められなかったのに対して、換気無しの部屋では壁紙や餅の上にカビが発生した。

図3-2に、実験期間中のある1日間における室内外温湿度の経時変化を示す。室温の変動範囲は、両室とも12~14℃とほとんど差が認められなかったが、室内相対湿度は、換気有りの部屋における値が35~85%と、換気無しの部屋の65~85%に比べて、常時20%程度低かった。

両室の熱負荷は大略同程度であり、日射の室内入射もほとんどない非暖房状態であったので、室温変動範囲が同程度であったと考えられる。相対湿度に関しては、実験期間が冬季であったため、外気中の絶対湿度は、常時、室内に比べて低い状態であった。換気を行った部屋の値は換気無しの部屋に比べ、常時低めであったと言える。

図3-3に示すように、前章で明らかにしたカビが生育しやすい温湿度範囲と、換気無しの居室における室内温湿度の変動範囲を比較すると、餅の場合には、重複する部分があったが、壁紙の場合には、範囲外であった。それにもかかわらず、壁紙上へカビが生育したのは、壁紙の設置位置が加湿器に近かったため、壁紙が濡れていた

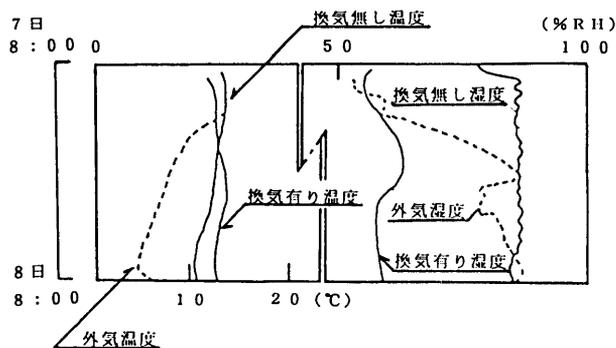


図3-2 ある1日間における室内外温湿度の経時変化

ためであると考えられる。換気有りの居室の場合、測定期間中の室内湿度は、カビが生育しやすい温湿度範囲からかなり外れた値を維持したため、壁紙にもカビが生えなかったと思われる。

4. 浴室における温湿度の経時変化に関する実測

4.1 実測の目的

実際に生活をしている東京、千葉に建つ住宅数軒の浴室における温湿度を、長期間にわたり実測するとともに、居住者に対するヒアリング調査により、浴室壁面の乾き具合やカビ汚染発生の状況を調査し、浴室がカビの繁殖しやすい環境下であることを確認する。

4.2 実測概要

(1) 調査対象住宅

写真4-1に、調査対象とした浴室の1例を示す。一戸建て住戸で、1.5×1.8m程度の広さを有する浴室がある住宅を対象とした。家族人数は4人程度で、家族全員がおおよそ毎日入浴していた。対象とした全ての浴室とも、機械換気設備がなく、窓の開閉により自然換気を行っていた。

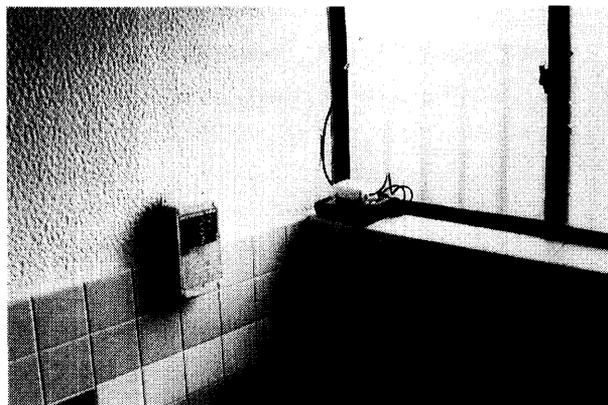
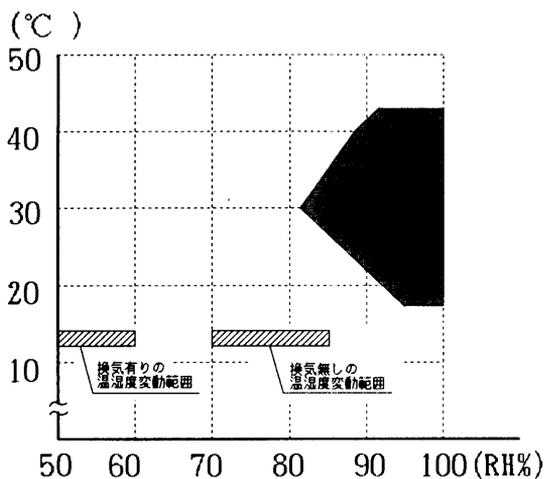
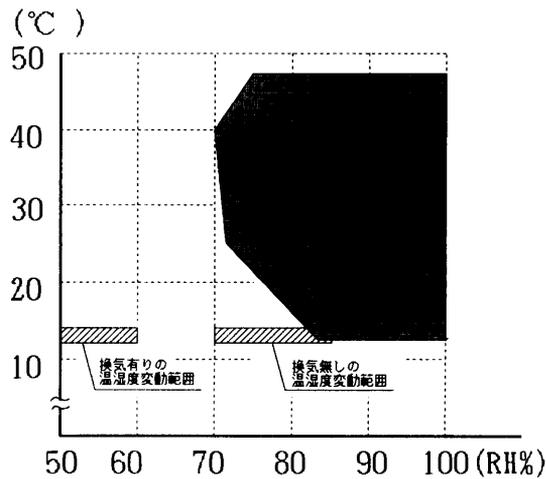


写真4-1 実測調査で対象とした浴室の1例



1) 壁紙



2) 餅

図3-3 壁紙・餅の上にカビが発生しやすい温湿度範囲と両居室内温湿度の変動範囲の関係

(2) 調査内容・測定期間

浴室内の温湿度、及び、屋外温湿度を測定した。浴室内で入浴中、湯が直接当たらない場所、及び、屋外の雨が当たらない場所に計測装置を設置し、居住者の平常通りの入浴状況の下で測定を行った。

各住宅とも、毎月5日間の測定を2回ずつ、平成4年7月から平成5年2月までの8カ月間（1軒は平成5年8月まで継続）、実測を行った。また、居住者に対して、浴室内のカビの発生状況を聞き取り調査した。

(3) 使用した計測機器

白金測温抵抗体、高分子静電容量式薄膜センサーで温湿度を測定、内部メモリーに測定データを記憶できる江藤電気製温湿度計測用データコレクタ(THERMIC 2001 A)を使用した。

4.3 調査結果、及び、考察

図4-1に、春・梅雨・夏・冬のある1日における屋外、及び、浴室内の温湿度の経時変化を示す。全ての住宅とも、いずれの季節とも、浴室内の湿度は高く、特に入浴時と考えられる時間帯の湿度は100%にも達していた。梅雨時等の降雨時や夏季など外気の湿度が高い時は、窓を開放していても浴室内湿度はほとんど低下しておらず、カビが生えやすい80%程度を維持していた。

居住者からの聞き取り調査によれば、浴室内の天井面、特に、壁面との隅角部が乾きにくく、また、壁面がカビで黒ずんでいるとのことであった。

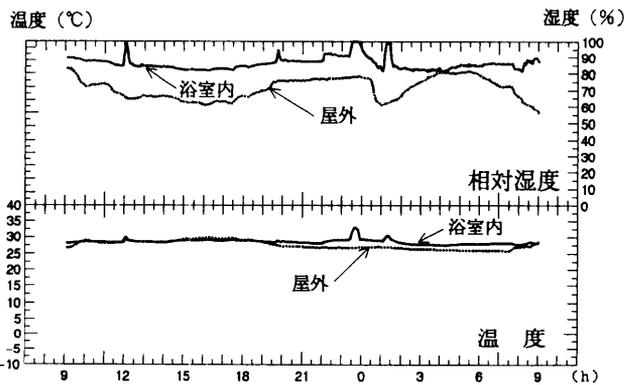
以上のように、数例の実測結果ではあるが、一般住宅の浴室内の温湿度変動は、前章で述べたカビが繁殖しやすい温湿度範囲下であったと言える。

5. 浴室におけるカビ汚染防止を目的とした同時給排気型換気設備の性能に関する実験

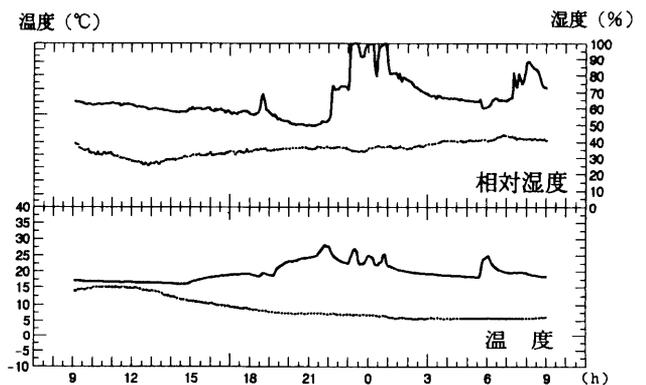
5.1 同時給排気型換気設備の提案

浴室ユニットを用いた入浴後の壁面の乾燥状況に関する予備実験の観察結果に基づけば、従来の排気のみを機械換気設備では、横壁面の上部、特に隅角部が乾燥しにくい。一方、前章の聞き取り調査によれば、乾燥しにくい面でカビが生えやすいと言える。浴室におけるカビ汚染を防止する上で、浴室内相対湿度を低下させるだけでなく、上述の部分における表面結露をできるだけ短時間で乾燥させるような機械換気設備が望ましいと考えた。室内気流分布に与える影響は、吸い込み気流よりも吹き出し気流の方が大きいので、給気と排気を同時に行う同時給排気型換気設備を考案した。

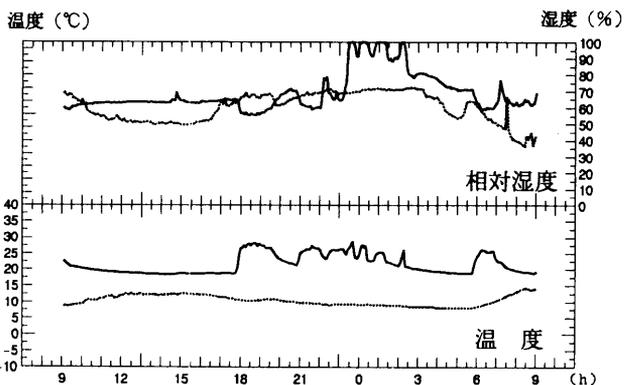
その1例が、図5-1に示すもので、各横壁面の上部から各壁面に沿って給気を吹き出す。



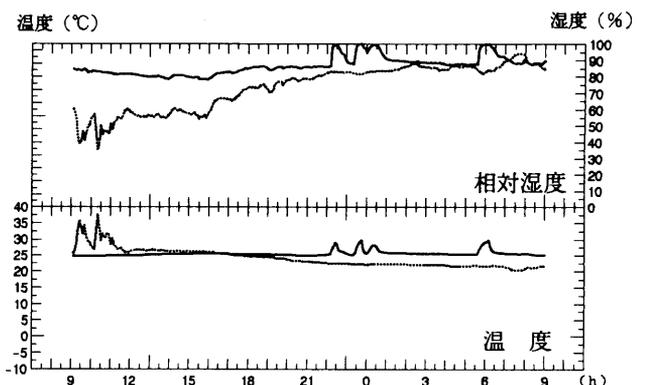
1) 夏季時



2) 冬季時



3) 春季時



4) 梅雨時

— 浴室内湿度 — 屋外湿度

— 浴室内温度 — 屋外温度

図4-1 季節別の浴室内外温湿度の経時変化

5.2 実験目的

考案した同時給排気型換気設備の壁面等の乾燥速度と既存の排気みの浴室換気設備の乾燥速度とを比較し、前者が、入浴後、壁面や天井面に発生する表面結露を短時間の運転で乾燥することを確認する。また、給排気量のバランスと乾燥速度の緩急の関係を検討する。

5.3 実験概要

(1) 実験室と浴室ユニット・換気設備

図5-2に実験で使用した実験室の平面図を、図5-3に浴室ユニットの平面図を示す。

実験室は、プレハブ建屋内に断熱パネルで部屋を組み上げており、多数のエアコン、比例制御式蒸気加湿器を用いて、実験室内の温湿度がある程度一定に維持できるように配慮している。

同じ形式の浴室ユニットを二つ配置し、一方には通常の換気設備を設置し、他方は考案の同時給排気型換気設備を設置した。

(2) 測定内容

入浴時と同程度の表面結露を発生させた後、各々の換気設備の運転に伴う各壁面、天井面の乾燥までの時間を測定した。

(3) 測定機器・測定方法

ビデオテープレコーダで使用されている感湿抵抗皮膜型結露センサーを使用した。厚さが薄く、非常に小さな形状で信頼性が高いセンサーである。図5-4に示すように、これらを浴室壁面・天井面に合計88カ所設置した。表面湿潤の有無により、出力電圧がステップ的に変化するので、30秒間隔で全点が乾燥するまでの約2～6時間にわたり、データロガーを用いて出力電圧を測定した。

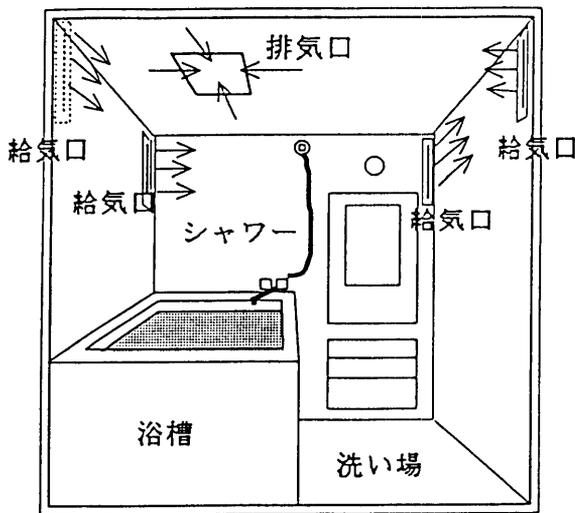


図5-1 考案した同時給排気型換気設備

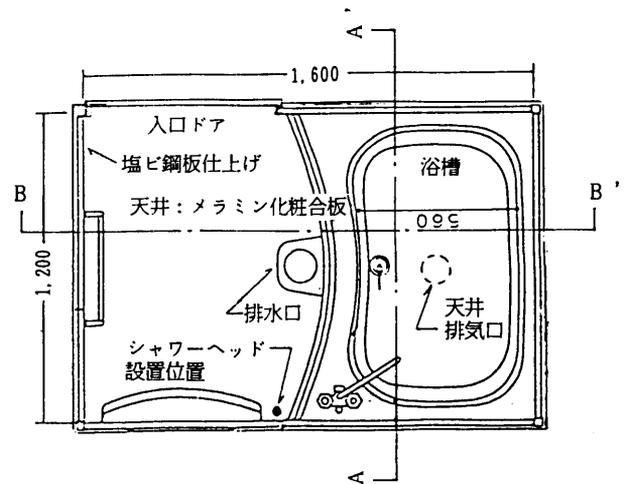


図5-3 浴室ユニットの平面

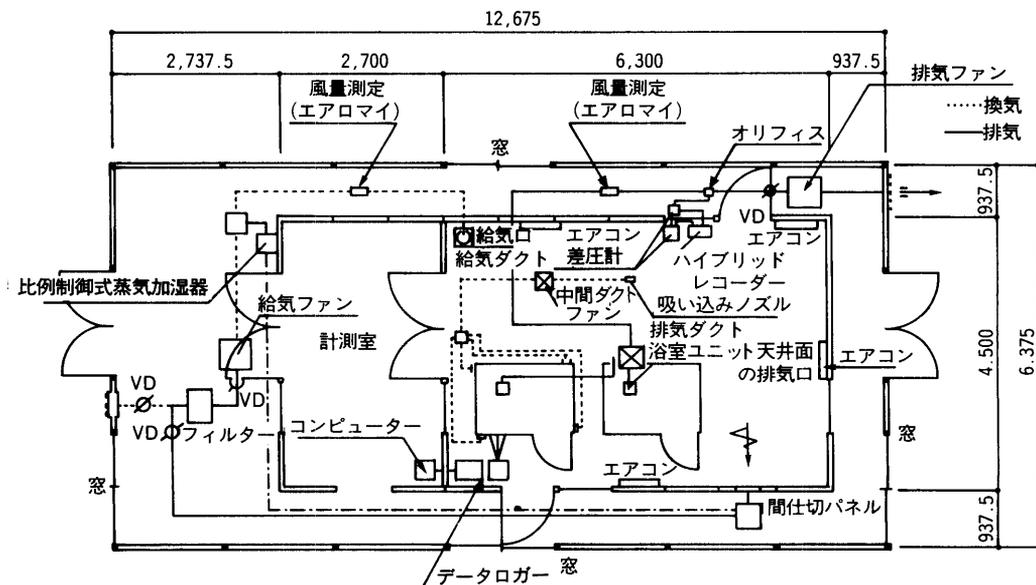


図5-2 実験室の平面

(4) 実験条件

① 設定した浴室ユニット内温湿度，給気の温湿度

実験設備の都合で，浴室内温湿度と給気の温湿度は同一にせざるを得ない。東京地方の梅雨時・夏季の温湿度を想定し，理科年表^{文5)}を参考に，梅雨時23℃・75%，夏季28℃・75%に設定した。

② 入浴時の表面結露量の再現方法

被験者実験により入浴時における表面結露量を明らかにするとともに，シャワーの使用時間と表面結露量の関係に関する実験^{注2)}を行い，換気設備停止の状態では14分間シャワーを出湯すれば，実際の入浴に伴う表面結露量を再現できることを明らかにした。

シャワー出湯温度と流量は，鎌田・市川・坂上らの「住宅用給湯設備の使用感に関する実験的研究」^{文6)}を参考に，40℃・12l/minとした。

③ 設定した給排気風量

排気風量50・60・70・80・90m³/hで，同時給排気の場合には，給気風量40・50・60m³/hの内，給気風量<排気風量の関係が成り立つ給排気風量の組合せとした。

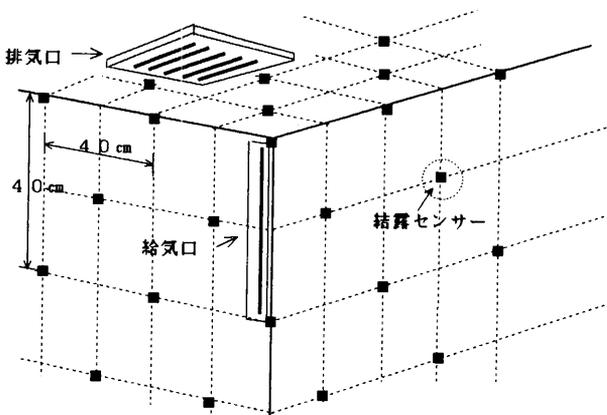


図5-4 浴室ユニット壁面等への結露センサーの設置状況

5.4 実験結果，及び，考察

(1) 乾燥速度が遅い位置

従来型換気設備，同時給排気型換気設備とも，天井面や隅角部，特に目地の部分が乾きにくかった。目地は窪んでいるため，また，隅角部は淀み点となっているため，気流が到達しにくいことが原因であると考えられる。

(2) 換気設備の方式による平均乾燥時間の差異

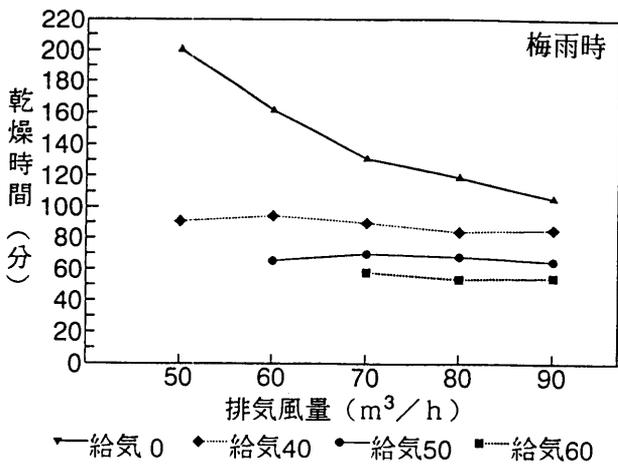
各換気設備の給排気風量と全壁面の平均乾燥時間の関係を，図5-5に示す。天井面と周壁を全壁面と称する。

従来型換気設備の場合，梅雨時の排気風量50m³/hで200分程度であったのが，排気風量90m³/hで100分程度と，排気風量の増加に伴って，大幅に平均乾燥時間が短縮した。しかし，同時給排気型換気設備は，給気風量が最も少ない条件でも，各々90分程度と従来型換気設備が要した時間に比べ少なくなっていた。夏季の温湿度条件でも，同様の傾向が認められるので，同時給排気型換気設備は，従来型換気設備と比較して，乾燥時間を短縮できると言えよう。

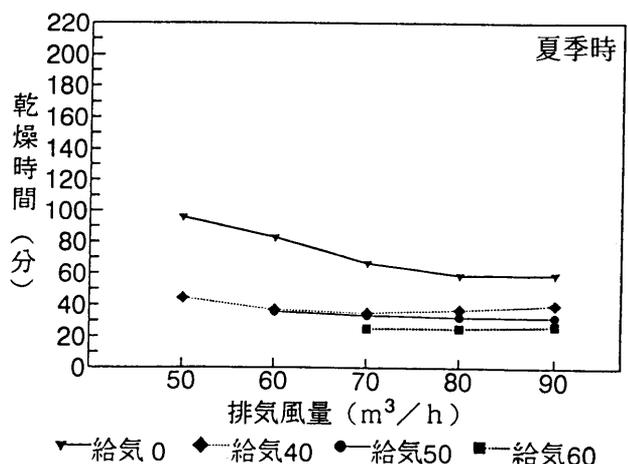
(3) 同時給排気型換気設備の給排気風量の適正值

前掲の図5-5からわかるように，同時給排気型換気設備の場合，排気風量が増加しても，平均乾燥時間は余り短縮していなかった。一方，排気風量にかかわらず，給気風量を増加させると，平均乾燥時間が短くなる傾向が認められた。この理由としては，前述のように，室内気流分布に与える影響は，吸い込み気流よりも吹き出し気流の方が大きいためである。

平均乾燥時間が最も短時間であったのは，排気風量90m³/h・給気風量60m³/hであったが，排気風量を70m³/hに減少しても，平均乾燥時間は大きく増加しなかった。水蒸気が発生する浴室では，住宅全体への水蒸気の拡散をもたらしたくないよう，室内を負圧に保つ必要があるが，住宅全体の換気負荷の低減からは排気風量をできるだけ小さくする必要がある。従って，実験対象の同時



① 梅雨時



② 夏季時

図5-5 従来型，同時給排気型換気設備の給排気風量と全壁面の平均乾燥時間との関係

給排気型換気設備における給排気風量の最適値の一つの目安として、排気風量70~90m³/h・給気風量60m³/hを挙げることができよう。

ただし、この風量は飽くまでも、実験対象とした浴室ユニットに限定した場合であり、浴室ユニットの気積、短長辺の寸法等により、適切な換気量が異なることが十分予想される。

実験で得られた最適給排気風量を換気回数に換算すると、給気は16.5回/h程度、排気は19.5回/h程度と、一般に用いられている排気量^{文7)}に近い値であった。

6. 結語

以上、本研究で実施した種々の実験や実測により、住宅室内におけるカビ汚染、及び、その防止方法に関して、以下に述べるような知見を得ることができた。

①住宅内で検出される頻度が高い *Alternaria*・*Cladosporium*・*Penicillium*・*Aspergillus* の4菌種の場合、建材上へこれら全てのカビが発生しやすい温湿度範囲は、20~30℃・90%以上の範囲、いずれかのカビが発生しやすい温湿度範囲は5~45℃・80%以上の範囲であった。

②上記4菌種に関して、建材上へカビが発生しにくい温湿度範囲は、湿度にかかわらず5℃未満、または、45℃を超える温度範囲、もしくは、温度にかかわらず、80%未満の湿度範囲のいずれかであった。

③本研究で明らかにした建材上へカビが発生しやすい温湿度範囲は、建築学の分野でよく引用されている大槻による研究結果と異なるものであった。この理由としては、大槻の場合、レンズ上へのカビの発生状況を明らかにすることを目的としていたため、培地を薄く塗り付けたガラスを基材に用いたこと、*Aspergillus* のみを用いていたこと等が考えられる。

④換気により室内水蒸気圧を低減させ、相対湿度をカビが発生しやすい温湿度範囲外に維持すれば、カビ汚染を防止する上で効果があった。特に、室内エンタルピー>屋外エンタルピーの場合のみ、換気設備を運転するような制御を行うと、室内相対湿度を屋外より常時低い値に維持できる。

⑤実測結果に基づけば、浴室における温湿度は、季節にかかわらずカビが生育しやすい範囲内であった。隅角部等、表面結露が発生しやすく、乾燥しにくい部分で、カビの発生が多く認められた。

⑥住宅で最もカビが生えやすい浴室における対策として、入浴時に壁面や天井面に発生する表面結露を短時間の運転で乾燥する同時給排気型換気設備を考案し、実物大実験により、従来型換気設備と乾燥時間の長短を比較した。

梅雨時や夏季等、外気中の水蒸気圧が高い場合でも、同時給排気型換気設備は従来のものに比べ、半分程度の

時間で、浴室ユニット壁面等の表面結露を乾燥した。

カビ発生を防止する上で、効果があるものと予想する。

しかしながら、本研究で解明し得ていない事柄があることも事実である。これらを列挙すると、(1)チャンバー曝露実験については、①実験対象外の建材を用いた実験 ②基材の設置角度を変化させた実験 ③カビ発生に対する気流の影響、一方、(2)カビ汚染防止のための同時給排気型換気設備に関しては、①表面結露の乾燥時間の長短とカビ生育の有無の関係 ②給気が入浴者の温冷感に与える影響の評価 ③機器一体型同時給排気システムの検討等が考えられる。これら検討課題に関して、継続して研究を進めていく必要がある。

謝辞

本研究を実施するに際して、松下精工(株)空調技術研究所、及び、五洋建設(株)建築本部建築設計部のご協力を得た。ここに記して、感謝の意を表する次第である。

<注>

- 1) 接種する糸状菌の胞子を、純水中に浮遊させたもの。顕微鏡で一滴中の胞子を数え、10⁶個/ccのオーダーの濃度した懸濁液を塗布した。
- 2) 「浴室の必要換気量に関する実物実験」^{文8)}によれば、シャワー出湯時間と結露量は比例関係にあったので、これを参考に実験を行った。

<参考文献>

- 1) 芦澤 達, 吉川 翠, 山田雅士: 住まいQ&A ダニ・カビ・結露, ㈱井上書院, 1989
- 2) 大槻 虎夫: Ü-ber das Verschimmel der glaseraen Gegenstande. Pro., Imp., Acad., TOKYO, Vol.19, pp.688~692, 1943.12
- 3) 耐久性標準化委員会: 建築用内外装材料のカビ抵抗性試験方法 解説(案) 第3回本委員会資料22, (財)建材試験センター
- 4) 菅原文子: 建材上のカビの成長速度に与える温湿度の影響, 日本建築学会計画系論文報告集, No.441, pp.9~13, 日本建築学会, 1992.11
- 5) 国立天文台: 理科年表 1993年版, 丸善(株), 1992
- 6) 洪 玉珠, 市川憲良, 鎌田元康, 石渡 博, 坂上恭助, 炭田和宏, 大中忠勝, 坊垣和明, 田中正敏: 住宅用給湯設備の使用感に関する実験的研究 第2報-シャワー・入浴, 空気調和・衛生工学会論文集, No.45, pp.43~58, 空気調和・衛生工学会, 1991.2
- 7) 空気調和・衛生工学会編: 空気調和設備の実務の知識, pp.94, オーム社, 1989.2
- 8) 田中俊彦, 村上周三, 吉野 博: 浴室の必要換気量に関する実物実験 集合住宅における換気設備に関する第3報, pp.121~129, 1982.4

<研究組織>

主査	小峯 裕己	千葉工業大学建築学科助教授
委員	倉淵 隆	東京理科大学工学部建築学科専任講師
協力	小座野貴弘	千葉工業大学大学院建築学専攻修士課程