

建築仕上技術者のための

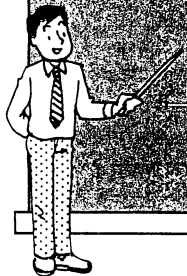
建築物理学講座

第16講「カビの害とこわさ」

田中 辰明

柚本 玲

(お茶の水女子大学名誉教授・工博) (お茶の水女子大学田中研究室・博士(生活科学))



はじめに

わが国ではカビを利用して酒や焼酎、納豆、醤油、鰹節、味噌などを製造してきた。一方欧州ではカビを非常に怖がる。これは欧州の人が幼少の頃から幅広く愛読している聖書にカビの害が書かれていることも影響しているのかもしれない。旧約聖書共同訳のレビ記には次の記述がある。

「主はモーセとアロンにこう仰せになった。あなたたちが所有地としてわたしから与えられるカナンの土地に入るとき、あなたたちの所有地で家屋にカビが生じるならば、家の主人は祭司に「カビらしきものがわたしの家屋に生じました」と報告する。祭司は、カビの状態を見に入る前に、その家屋の中にある物を屋外に出すように命じて、家屋の中にある物が全部汚れないようにしてから、家屋を調べるために入り、カビの状態を見る。家屋の壁に青カビか、赤カビが生じており、壁の内部にまで及んでいるように見えるならば、祭司は家から出て入り口に立ち、家屋を一週間封鎖する。七日目に、祭司は再び来て見る。カビが家屋の壁に広がっているならば、祭司は命じて、カビが生じている部分の石材を抜き取り、町の外にある汚れた場所に捨てさせ、家屋の内側を削り取らせて、削り取ったしっくいをも町の外にある汚れた場所に捨てさせ……………」

わが国は高温多湿な夏があり、また建物の断熱が不十分であったりしてカビの被害も多い。筆者の研究室においても長年にわたりカビの研究を行ってきたが、時には人体に極めて有害なカビが測定中に発見されることもあった。

Table 1 居住環境に見られるカビの生育条件¹⁾

属	乾湿性	水分活性	下限	至適	上限
<i>Trichoderma</i>	好湿性	-	-	-	-
<i>Aureobasidium</i>		-	3	27	33
<i>Alternaria</i>		0.94	3	27	33
<i>Cladosporium</i>		0.85-0.94	3	27	35
<i>Fusarium</i>		-	5	29	36
<i>Aspergillus</i> (多くの)	耐乾性	0.72-0.88	6-10	30-37	37-52
<i>Penicillium</i>		0.78-0.88	3-9	25-29	32-33

1) 真菌

カビは学術的には、真菌類に所属する菌類の仲間で、糸状の菌体からなる糸状菌の一群を指す。真菌の種類は一説によれば10万種以上とも5～6万種ともいわれているが、実際我々の生活環境にあって直接、または間接的にみることのできる種類は、数十～数百種程度であり、全体のごく一部が関わっているにすぎない¹⁾。

真菌の多くは自然生態系で土壤に分布しているが、大気を介して住環境へ進入してくる。現在の住宅は、快適性及び省エネルギーを目指し高气密、高断熱化が進んだ。その結果、室内環境が人間だけでなく微生物にとって好ましいものとなり、真菌汚染が1年中みられるようになった²⁾(Table1)³⁾。

微生物の中におけるカビの位置付けをFig.1⁴⁾、カビがどの程度の大きさであるのかをFig.2³⁾、人とかかわりのある菌類の分類をTable2¹⁾、住宅のどのような場所にどのような菌類が発生するかをTable3^{1),5),6)}に示す。

真菌の最も生育、汚染しやすい温度は一般に20～30℃である。日本の気候風土と、気密性がある室内は、非常に真菌が発生しやすい。温度が30℃を超えると住環境にみる多くの真菌は生育活性が低下しやすい。つまり、自然環境下にみる腐生真菌の多くは、我々にとって快適な住環境と同じ温度域を至適としている。

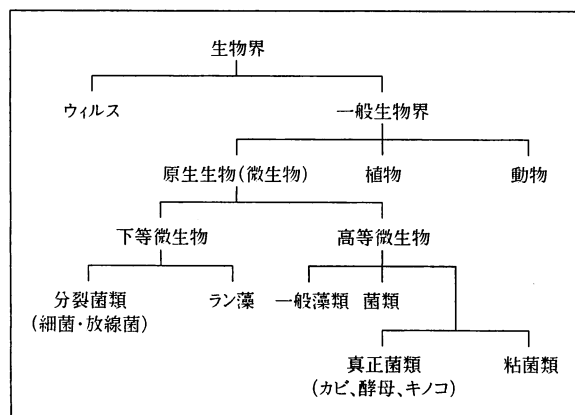


Fig. 1 微生物の中におけるカビの位置づけ
(小笠原和夫: カビの科学: 地人書館 (1981)より)⁴⁾

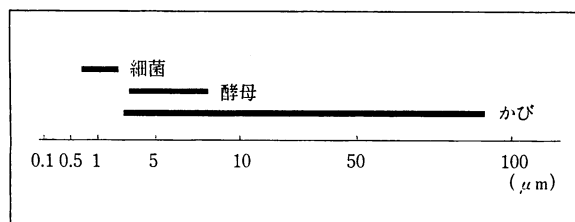


Fig. 2 微生物の大きさ(高鳥浩介監修: カビ検査マニュアルカラー図譜: テクノシステム (2002)より)³⁾

真菌の生育は基質の状態、特に水分活性に依存することが知られている。水分活性とは基質溶液中の水蒸気圧／純水の水蒸気圧である。基質中に含まれる自由水と結合水のうち微生物が発育に利用できるのは自由水のみで、自由水の水分表示として水分活性(A_w)があり、 A_w に100を乗ずると相対湿度RH(%)となる。カビは A_w 0.65以上で発育可能となる。

(2.) 真菌による生体への影響

真菌はヒトの生活環境に普遍的に存在しており、本来、ヒトを含めた動物、植物と共生あるいは拮抗しながら生態に広く分布しているが、その均衡が崩れだすと真菌またはその二次代謝産物がヒトなどに健康被害を及ぼすようになる。

真菌によるヒトへの害は3つに分けることができる。すなわち、経気道または経皮的に接触した真菌がアレルギーとなるアレルギー性疾患、生体に進入増殖して感染、発症を起こす真菌感染症(Table4^{1),7),8)}、それに有害二次代謝産物による真菌中毒症である⁷⁾。

真菌はダニ、ハウスダスト、花粉、ペット毛垢などと

Table 2 人とかわりのある菌類の分類(高鳥浩介: カビと健康: 平成6年度健康情報調査報告書(1995)より)¹⁾

	有害				有益
	環境汚染 基質劣化	アレルギー など	感染	中毒	
<i>Acremonium</i>	○	○	○	○	○
<i>Alternaria</i>	○	○	○		
<i>Aspergillus flavus</i>			○	○	
<i>A.fumigatus</i>		○	○	○	
<i>A.niger</i>	○				○
<i>A.ochraceus</i>				○	
<i>A.oryzae</i>		○			○
<i>A.restrictus</i>	○	○			
<i>A.versicolor</i>	○			○	
<i>Eurotium</i>	○	○		○	○
<i>Aureobasidium</i>	○		○		○
<i>Chaetomium</i>	○			○	
<i>Cladosporium</i>	○	○			
<i>Curvularia</i>	○	○			
<i>Epicoccum</i>	○	○			
<i>Exophiala</i>			○		
<i>Fonsecaea</i>			○		
<i>Fusarium</i>	○	○	○	○	○
<i>Geotrichum</i>	○		○		
<i>Microsporum</i>			○		
<i>Neurospora</i>	○	○			
<i>Paecilomyces</i>	○		○		○
<i>Penicillium camembertii</i>					○
<i>P.citrinum</i>	○			○	
<i>P.digitatum</i>	○				
<i>P.funiculosum</i>	○			○	
<i>P.roqueforti</i>					○
<i>Sporothrix</i>			○		
<i>Stachybotrys</i>	○	○		○	
<i>Trichoderma</i>	○	○		○	○
<i>Trichophyton</i>			○		
<i>Trichothecium</i>	○			○	
<i>Walemia</i>	○				
<i>Absidia</i>			○		
<i>Mucor</i>	○		○		
<i>Rhizopus</i>	○	○	○	○	○

並んで重要なアレルゲンであるが、明確な真菌アレルギーとして報告されるようになったのは1930年代からである^{1),9)}。現在アレルゲンとして疑われている真菌には*Cladosporium*属、*Penicillium*属、*Alternaria*属、*Aspergillus*属、*Wallemia*属などがある。これらの真菌はハウスダスト、室内空気、ふとん、ジュータン、タタミなどに広く分布している^{8),10)-14)}。特にハウスダスト中

Table 3 住宅の菌類の発生場所^{1) 5) 6)}

← 比較的に湿っぽい環境										→ 比較的に乾いた環境													
	排水溝	浴室	洗面所	トイレ	結露壁	台所	冷蔵庫	空中	ハウスダスト	タタミ	木材・繊維類	居間	和室	押し入れ	靴箱	ジュータン	衣類	エアコンフィルタ	靴	皮革	書籍	レンズ	フィルム
絶対好湿性・好湿性真菌																							
<i>Rhizopus</i>	○																						
<i>Alternaria</i>		○	○	○	○	○	○	○	○														
<i>Fusarium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○														
<i>Aureobasidium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○														
<i>Geotrichum</i>	○	○					○																
<i>Trichoderma</i>	○									○	○												
<i>Cladosporium</i>	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○							
<i>Chaetomium</i>		○								○	○												
耐乾性真菌																							
<i>Penicillium</i>		○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Aspergillus</i>							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
好乾性真菌																							
<i>Eurotium</i>									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>A.restrictus</i>									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Wallemia sebi</i>									○	○	○	○	○	○	○	○							

Table 4 日本における真菌感染症^{1) 7) 8)}

	感染症	原因となる真菌	発症部位
表在性真菌症	皮膚糸状菌症	<i>Trichophyton</i> , <i>Microsporum</i> , <i>Epidermophyton</i>	皮膚、つめ
	つめ真菌症	<i>Fusarium</i> , <i>Scopulariopsis</i>	つめ
	耳真菌症	<i>Aspergillus</i> , <i>Scopulariopsis</i>	耳
	角膜真菌症	<i>Fusarium</i> , <i>Alternaria</i>	角膜
	スポロトリコーシス	<i>Sporothrix schenckii</i>	皮膚、皮下組織のリンパ管
	皮膚カンジダ症	<i>Candida</i>	皮膚、つめ
深在性真菌症	アスペルギルス症	<i>Aspergillus</i>	気管支、肺
	ムーコル症	<i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Absidia</i>	肺、胃、脳
	ゲオトリクム症	<i>Geotrichum</i>	腸、肺
	黒色真菌症	<i>Aureobasidium</i> , <i>Exophiala</i> , <i>Fonsecaea</i> , <i>Cladosporium</i>	肺、リンパ腺、内臓
	カンジダ症	<i>Candida</i>	気管支、胃腸、脳、血液、腎臓、膀胱
	クリプトコックス症	<i>Cryptococcus</i>	肺、脳、神経系
	癭風	<i>Malassezia</i>	体表

の真菌はアレルゲンとして重要である。

3. 真菌の住環境への影響

筆者らは長年にわたり、室内空中真菌・付着真菌の調査を実施してきた。部屋ごとの空中浮遊菌をRCS式エアサンプラー(Photo1)MAS式エアサンプラー(Photo2)を用いて捕集したり、落下菌を捕集した。RCS式サンプラーにはメーカーが販売する専用の培地を用いる(Photo3)。これは一般細菌、一般真菌を捕集する培地や大腸菌、緑膿菌など特殊の菌を捕集する培地が用意されている。MAS式エアサンプラーは一般のシャーレに実験室で製造したり専用の培地を入れて測定が出来る(Photo4)。この培地を室内に一定時間開放して設置すれば落下菌を計測する事ができる。捕集した培地を培養後(Photo5)、菌種の同定、菌数により空気汚染度の判定をする。Photo6のようなカビの形状等より専門機関により同定される。欧州ではカビの多い少ないの基準をTable5¹⁵⁾のように規定している。たとえ少ないと判断されても人体に有害に菌が一つでもあればそれは良くない環境であるので、単にこの表はカビの多い少ないの判断にしか用いら

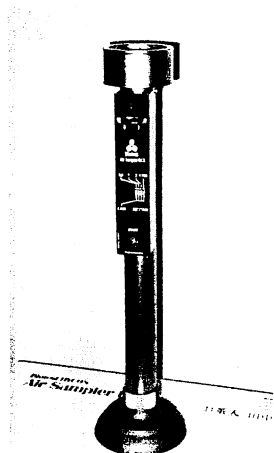


Photo 1 RCS 式エアサンプラー

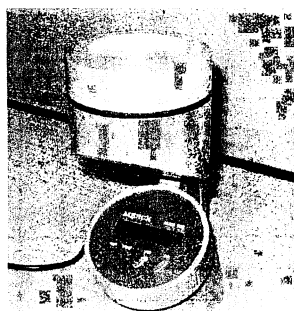


Photo 2 MAS 式エアサンプラー

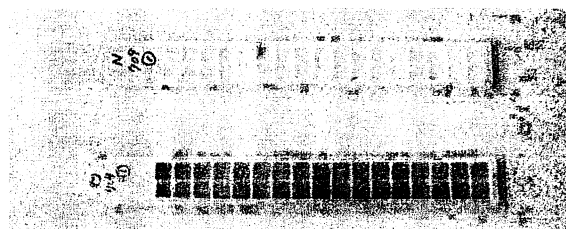


Photo 3 RCS 式エアサンプラー専用培地



Photo 4 左 PDA 培地、中：NA 培地、右：M40YA 培地

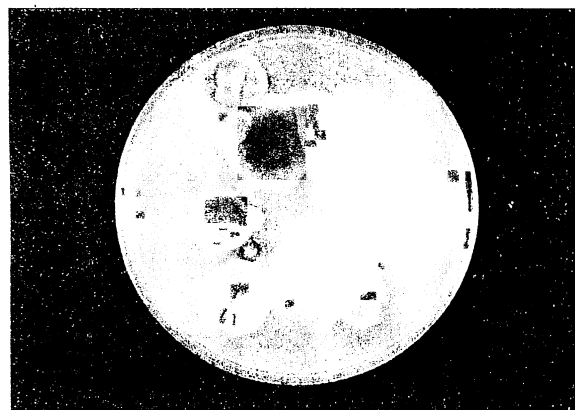


Photo 5 7 日間培養後のカビ (PDA 培地)



Photo 6 顕微鏡で撮影したカビ (Alternaria 属)

Table 5 空中浮遊真菌数、空中浮遊一般細菌数の判定基準 (No.12 Commission of the European Communities Indoor Pollution Unit.より)¹⁵⁾

	(CFU/m ³)	
	真菌	一般細菌
非常に少ない	< 25	< 50
少ない	< 100	< 100
どちらでもない	< 500	< 500
多い	< 2000	< 2000
非常に多い	2000 ≤	2000 ≤

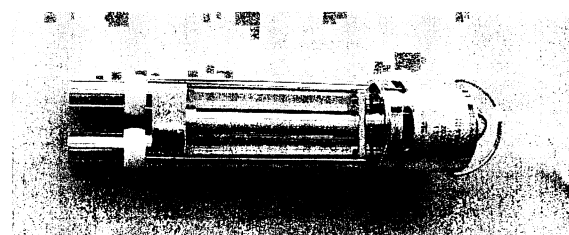


Photo 7 アスマン温湿度計

れない。

測定に際し温湿度の計測が必要になるが、これは正確な値を得られるPhoto7に示すアスマン式温湿度計で測定したり、デジタル温湿度計で測定・記録するのが一般的である。その他付着菌の測定法には、拭き取り法、スタンプ培地法、直接法、表面沈着・付着法などがある。

住環境における空中真菌については、室内における年間を通じての真菌数は春季(4~6月)、秋季(9~10月)にピークを示し、高温となる夏季に減少する。また、その主要真菌分布は屋外に似ている。住環境における室内空中菌の分布は、築年数、改築の有無、内装仕上げ材の違い、換気システムなどだけでなく、家族構成、動物の飼



Photo 8 住宅における結露によるカビの被害



Photo 9 内断熱住宅和室におけるカビの被害

育、植物の栽培、生活習慣など多くの要因に依存する。住環境で真菌の発生しやすい場所は、浴室、洗面所、トイレ、台所、押入れなどであり、比較的高湿となりやすい場所に集中する。こうした環境で発生する真菌は高湿を好む真菌である。また玄関の靴箱、押入れ、タタミなど一見したところ湿度が高くないような場所にも真菌の発生をみる。さらに書籍、ガラス、プラスチック、皮革など乾いた環境下で長期にわたって活性を維持する種類もある⁷⁾。

建物のどの部屋でも隅角部はよく結露する。その理由は、隅角部は2次元の熱流となり、一般平面壁より放出する熱量が約20%多くなるため、それだけ低温となること、また、ほかの面から受ける放射熱線の量も平面壁の部分よりも少ないこと、隅角部には空氣の淀みが生じやすく、特に最下部では空氣が静止するところができ、室内空氣からの熱伝達が行われにくくなることにある。住宅の場合、表面結露は暖房室より非暖房室で発生する。非暖房室は絶対湿度が少し暖房室より小さいが、室温が低いいため壁面温度が低くなる。一方、相対湿度は高くなるので、露点温度が室内温度に近くなるため結露が起きやすくなる。非暖房室で最も結露が発生しやすいのは、外壁に沿って設けられた押入れなどの収納空間である。家具も置き場所によっては結露の原因をつくるので、真菌の発育が著しい。

真菌はより速やかに生育するために十分な栄養を必要とする。栄養物質を含んでいる建材は多く、木材、合成、繊維板などの木質系材料、石こうボード、壁紙、ビニルクロス、接着剤、塗料、シーリング材、タイル目地、塩ビフィルム、発泡尿素樹脂、シャワーカーテン、軟質

塩ビ製ボード、繊維壁、漆喰壁、アルミニウム、タタミ、中性化されたモルタル、コンクリートなどがある。また、内装表面に付着した塵、ダスト、食品などが真菌の栄養となる。

わが国では内断熱工法が発達し、西欧で一般的な外断熱は誤解を受け発達しなかった。それが為に内断熱によりカビの被害を受ける住宅も多かった。Photo8に結露被害が大きくさらにこれが原因でカビの被害が大きくなった集合住宅の例を、Photo9に内断熱を行ったことによりカビの被害を受けた集合住宅和室の例を示す。

<引用文献>

- 1) 高鳥浩介, 秋山一男, 太田利子, 李憲俊: カビと健康: 平成6年度健康情報調査報告書(1995) p.123-152
- 2) 高鳥浩介: カビによる建物汚染: 空気清浄: Vol.37, No.5(2000) p.376-379
- 3) 高鳥浩介監修: カビ検査マニュアルカラー図譜: テクノシステム(2002)
- 4) 小笠原和夫: カビの科学: 地人書館(1981)
- 5) 高鳥浩介, 太田利子, 李憲俊, 秋山和夫, 信太隆夫: アレルギー関連真菌: 真菌誌, Vol.35, No.4(1994) p.409-414
- 6) 高鳥浩介, 相原真紀, 太田利子: 環境の真菌: 空気清浄, Vol.39, No.3(2001) p.178-181
- 7) 山崎省二: 環境微生物の測定と評価: オーム社(2001)
- 8) 高鳥浩介, 秋山一男: カビとヒトとの関わりーカビによる害を中心にー: 防菌防黴: Vol.27, No.3(1999) p.201-206
- 9) 田中健治, 鳥居新平訳: カビアレルギー: 学会出版センター(1988) p.110-123
- 10) 高鳥浩介: 住環境にみるカビと健康障害: J.Natl.Inst.Public Health: Vol.47, No.1(1998) p.13-18
- 11) 高鳥浩介, 相原真紀: カビとアレルギー: アレルギー・免疫: Vol.7, No.4(2000) p.468-473
- 12) 室内空気清浄便覧: オーム社(2000) p.4
- 13) 秋山一男: 真菌アレルギーー臨床的側面からー: 真菌誌: Vol.42, No.3(2001) p.109-111
- 14) 宇田川俊一: 生活環境と病原真菌ーとくに住環境での生態: 真菌誌: Vol.35, No.4(1994) p.375-383
- 15) No.12 Commission of the European Communities Indoor Pollution Unit.