

カビについて考える

環境生物学研究所長 阿部 恵子

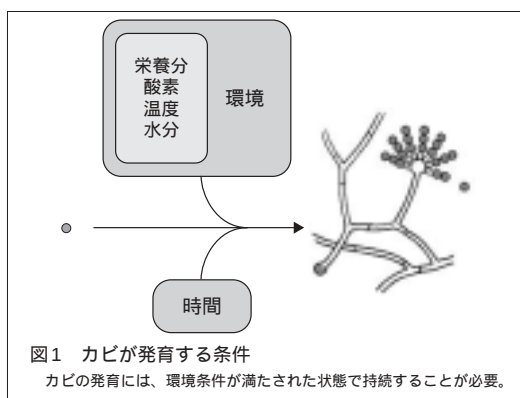
1. カビ発育の条件

カビは従属栄養の生物で光合成を行わず、有機物を分解することにより生存に必要なエネルギーを得ている。地球環境に於いては動植物の遺骸を分解除去し環境を掃除する役割を担い、生態系の維持には欠かすことができない生物である。しかし、カビが人の生活環境に入り込むことは好ましいことではない。

建物内部がカビの発育条件を満たしていれば、その建物はカビにより汚染される。図1に、カビの発育条件を示す。カビの発育には、「環境」（栄養分、酸素、温度、水分）と、「時間」が必要である。カビも生物であり、他の生物と同様に発育には時間を要する。環境の各条件が満たされた状態が持続すれば、カビの胞子は発芽して菌糸を伸長し、菌糸上に新しい胞子が着生する。着生した胞子が周囲に飛散し、飛散した胞子の定着箇所がカビの発育に必要な環境条件を満たしていれば、そこで発育が開始しカビによる汚染が拡大する。

有機物を含む建材はカビの栄養分である。カビの発育には酸素が必要であるが、人の住む所には酸素がある。そしてカビが発育する温度は0～45℃、適温は20～30℃で、人の生活温度と一致する。従って、カビの発育に必要な環境条件の「栄養分」、「酸素」、「温度」は、建物では常に満たされている。建物で満たされていない唯一の条件が水分である。カビは液体状態の水が無い環境では周囲の空気から水分を取り込むことができる。従って、空気中の水分の状態がカビの発育に大きく影響する。

図2は「湿り空気線図」で、空気が元々持っている性質を示す。横軸は温度、縦軸は絶対湿度（乾燥空気



1kgあたりに含まれる水分量)、斜めに走っている線が相対湿度（空気中の水分が飽和状態のときに比べてどれくらい含まれているかをパーセントで表す）である。空気は温度が高いほど含むうる水分の絶対量が多い。そのため一定量の水分を含む空気は、温度が上がれば含むうる水蒸気の量が増加するため相対湿度が低下する。逆に、温度が下がれば含むうる水蒸気の量が減少するため相対湿度が上昇する。

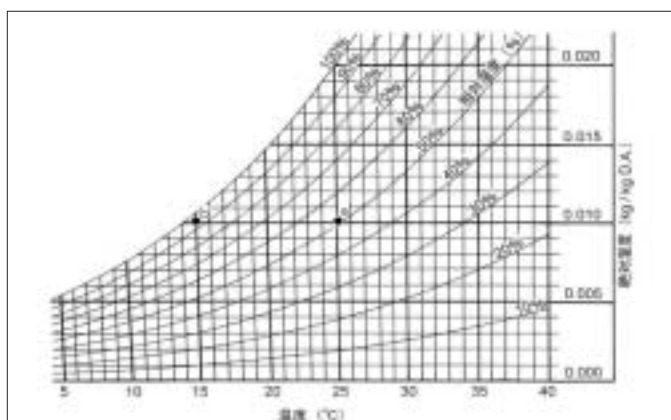


図2 湿り空気線図

空気が元々持っている性質を表す。絶対湿度が同じ空気の場合、低温ほど相対湿度は高い。例えば、絶対湿度0.0101kg/kg D.A.（乾燥空気1kgあたり10.1gの水蒸気を含んでいる）空気の場合、温度が25℃（a）では相対湿度が51%であるが、15℃（b）では相対湿度が95%である。カビの発育には相対湿度が大きく影響し、相対湿度95%ではカビが発育するが相対湿度51%では発育しない。従って、絶対湿度0.0101kg/kg D.A.の空気環境下では温度15℃ではカビが発育するが25℃では発育しない。

表1 カビの有害性

人に対して	アレルギー	アレルギー性鼻炎、気管支喘息、過敏性肺炎 アトピー性皮膚炎、じんましん
	感染症	皮膚科：水虫 内科：日和見感染症（カンジダ症、アスペルギルス症） 輸入真菌症（コクシジオイデス症、ヒストプラズマ症）
	食餌性中毒	カビ毒（アフラトキシン中毒）
物に対して	住居汚染・食品腐敗・衣類汚染・文化財劣化	
その他	ダニ増殖の促進	

例えば25℃で相対湿度51%の空気（図2のa、絶対湿度0.0101 kg/kg Dry Air、乾燥空気1 kgあたり10.1gの水分を含む）は15℃に下があれば相対湿度95%（図2のb）になる。14℃以下になれば空气中に水蒸気の状態で含むことができず結露として液体状態の水が現れる。

カビの側から見れば、冷えるほど相対湿度が高くなり空気から水分をもらいやすい状態に変わることになる。室内は絶対湿度がほぼ一定であるため、低温箇所は相対湿度が高くカビの発育しやすい環境になる。絶対湿度0.0101 kg/kg Dry Airの空気の室内では、カビは温度が25℃（図2のa）であれば発育しないが、15℃（図2のb）であれば発育することになる。

2. カビの有害性

表1に、カビの有害性を示す。人に対する有害性として、アレルギー、感染症、中毒を挙げることができる。

アレルギーには、カビの胞子を吸い込むことによるアレルギー性鼻炎、気管支喘息、過敏性肺炎、カビと接触することによるアトピー性皮膚炎、じんましんなどがある。アレルギーはカビが体内で増殖するわけではなく、人体とカビの接触により人体側が起こす反応である。現在の日本人の1/3は何らかのアレルギーを持っている。アレルギー体質の人が多量のカビにさらされればカビアレルギーを起こすことになる。

人体でカビが増殖すれば感染症である。皮膚科領域の代表是水虫、内科領域の代表はカビによる日和見感染を挙げることができる。一般に、特に内科領域の感染症は病原菌と人体の抵抗力との力関係で発症するかどうか決まるもので、病原菌が体内に入っても全ての人が発症するわけではない。日和見感染

は、病原性が無いあるいは極めて弱いと考えられている菌による感染症で、体に通常の抵抗力があるときは発症しないが抵抗力が弱っている場合にだけ発症するものである。カンジダは皮膚や腸管の中などにいるカビである。体力が落ちていたり、抗生物質の使用により体表面にいる微生物のバランスがくずれた

りするとカンジダ症になることがある。

カビは有機物であればほとんど何でも栄養源に利用するので、衣食住の全ての物がカビ汚染される可能性がある。住居がカビ汚染されれば、室内の空气中に漂うカビ胞子の数が増え、居住者がカビアレルギーになる可能性が高まる。

ダニの中にはカビを餌として発育する種類があり、住居の中でカビが増えたとダニも増える。室内のダニアレルゲンとして最も重要なチリダニは、人のフケを餌とする種類のダニでカビを餌にしているわけではないが、カビが生えたことにより脂肪分が分解されたフケのほうがチリダニの発育には適しているという報告がある。

3. カビ発育環境の測定法

室内がカビの発育できる環境を保っていた場合、居住者はカビが目に見える状態になってはじめて気付く。しかしカビ汚染された後に気付くのでは遅すぎる。カビの発育する環境であるかどうかを未然に知ることができれば、被害を受ける前に対応できるはずである。そこで生きているカビそのものを環境のセンサーに使い、その生長速度から環境を定量的に表示する手段としてカビ指数を開発した。

カビ指数調査方法の詳細は他^{1,2,4)}に記載したので省略するが、概要は以下のとおりである。

内部にカビ胞子（環境のセンサー）を閉じ込めた試験片（カビセンサー）を作る。

カビセンサーを調査箇所に設置（図3）。

調査箇所に一定期間曝露。

曝露後にカビセンサーを回収。

カビセンサー内部のカビを写真撮影（図5）。写真プリント上で菌糸長を計測。

測定した菌糸長と曝露期間（週）をもとにカビ指数を計算。



図3 壁面に設置した室内用カビセンサー

不織布の袋の中にカビを付着させた試験片をいれ、袋の口をヒートシールしてある。

カビ指数は1週間あたりのカビ発育速度に相当するもので、カビ指数の高い環境がカビの発生しやすい環境である。

図3は、室内のカビ指数調査に用いるカビセンサーを壁面に設置した状態である。カビセンサーをクリップで挟み、壁面に打ち付けた釘に掛けてある。カビセンサーは白い不織布で覆われている。図4は、カビセンサー内部の試験片の正面図と側面図である。カビの胞子を栄養分の中に分散させ、直径約3mmのスポット状にプラスチック板に接種し乾燥させたもので、このスポットはさらに酸素と水分を透過する透明なフィルムで覆い周囲を両面テープで囲み閉じてある。水分と酸素はフィルムを通して内部のカビに供給される。カビセンサーを設置した調査箇所がカビの発育する環境であれば胞子は発芽し

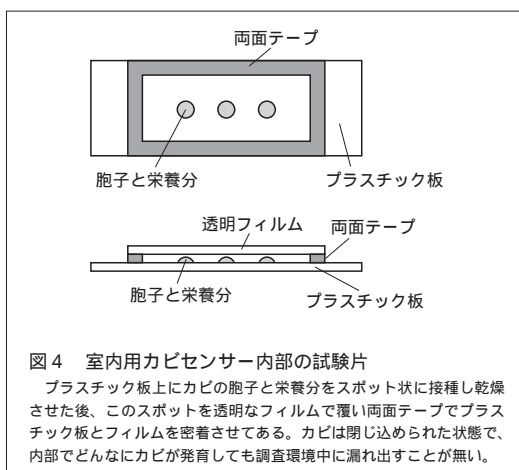


図4 室内用カビセンサー内部の試験片

プラスチック板上にカビの胞子と栄養分をスポット状に接種し乾燥させた後、このスポットを透明なフィルムで覆い両面テープでプラスチック板とフィルムを密着させてある。カビは閉じ込められた状態で、内部でどんなにカビが発育しても調査環境中に漏れ出すことが無い。

菌系が現れる。調査環境がカビの生長に適していればいるほど短期間で発芽し菌系も速く生長する。カビの発育できない環境であれば、どんなに長期間環境曝露しても胞子は発芽しない。内部のカビの発育は周囲の環境に依存するので、その発育から周囲の環境がわかる。

図5は、調査箇所（一般家庭用の空調機の吹出し口）に1週間曝露したカビセンサー内部でのカビ発育例である。胞子が発芽して菌系が伸び、胞子を分散させたスポットのエッジから外側に菌系が伸長している。カビの発育がもっと遅い環境の場合は、同じ発育状態になるまでもっと長い期間が必要になり、同じ曝露期間では菌系がもっと短い状態になる。

4. 住宅内部のカビ指数と気候の分布

図6に、1軒の集合住宅でカビ指数と目に見えるカビ汚染の関係について調査した例を示す。調査住宅は3階建ての1階で、南北に開口部があり、空調機はなかった。調査時期は1992年の4月から1年間で、カビ指数調査箇所は住宅内20箇所と戸外1箇所とした。カビセンサーの曝露期間は1週間で、毎週カビセンサーを取り替えた。温度と相対湿度の調査箇所は室内5箇所と戸外1箇所、温度と相対湿度は1時間ごとに自動計測した。この住宅のカビ汚染状態について、築1年半（カビ指数調査開始時、入居後半年）と築4年（入居後3年）の時に調べた。図6の左側は調査箇所、矢印が調査位置、○は天井下30cm、□は床上30cmの位置を表す。AからUがカビ指数調査箇所である。図6の右側が各調査箇所の年間（52週）のカビ指数平均値で、●は、

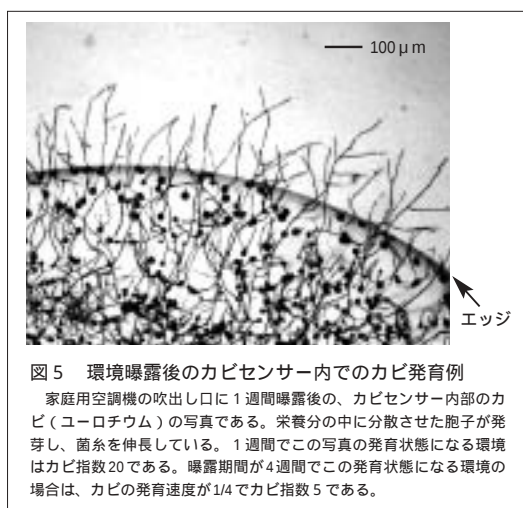
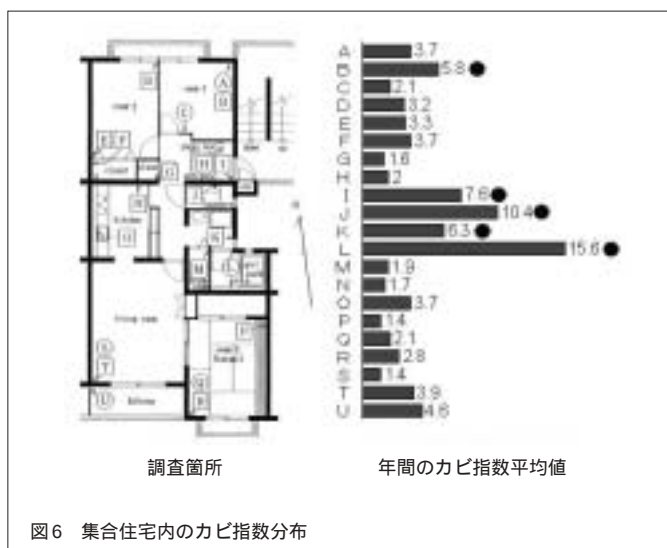


図5 環境曝露後のカビセンサー内でのカビ発育例

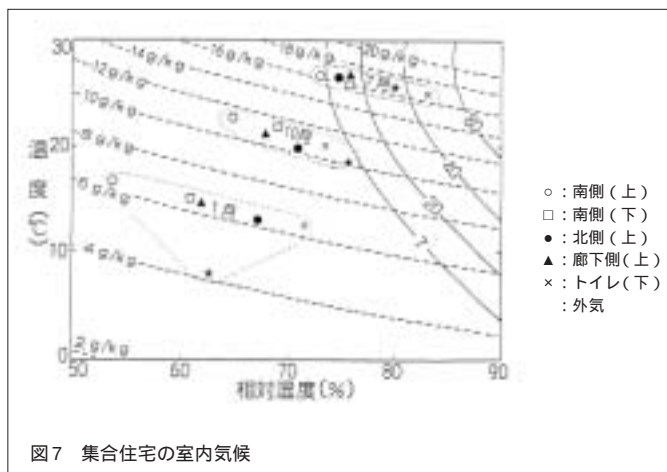
家庭用空調機の吹出し口に1週間曝露後の、カビセンサー内部のカビ（ユーロチウム）の写真である。栄養分の中に分散させた胞子が発芽し、菌糸を伸長している。1週間でこの写真の発育状態になる環境はカビ指数20である。曝露期間が4週間でこの発育状態になる環境の場合は、カビの発育速度が1/4でカビ指数5である。



目視調査でカビ汚染が認められた個所を表す。

カビ指数が最も高かった個所は浴室（L）であった。次いで、トイレ（J）、玄関（I）、洗面所（K）、北側室の北東隅の下側（B）であった。浴室（L）は築1年半（入居後半年）の目視調査でタイルの目地にカビ汚染が認められた。トイレ（J）、玄関（I）、洗面所（K）および北側室の北東側下部（B）は築1年半の目視調査では汚染が認められなかったが築4年（入居後3年）の目視調査でカビ汚染が認められた。築4年でカビ汚染された個所はいずれも年間のカビ指数平均値が5以上で、カビ指数が外気（U）より高い値を示した個所であった。カビ指数が高い個所は確実にカビ汚染されることが明らかになった。

図7に、この住宅で測定した温度と相対湿度を気



候図に示す。縦軸が温度、横軸が相対湿度、破線は絶対湿度（空気1kgあたり何グラムの水分が含まれるか）、実線がカビ指数の等高線である（カビ指数の等高線は、あらかじめ様々な温度と相対湿度を組み合わせた多数の気候を作り、各気候の中にカビセンサーを入れてカビ指数を測定し、そのデータをもとに作成した等高線である）。記号は、7月、10月、そして1月の1ヶ月間の温度と相対湿度の平均値で、○が南側和室の上部（図6のQ）、□が南側和室の下部（図6のR）、●は北側室の北東隅の上部（図6のA）、▲が同室の廊下側（図6のC）、×がトイレ（図6のJ）そして が外気（図6のU、バルコニーの軒下）である。同じ調査月の温湿度は点線で囲んだ。

季節により住宅内の絶対湿度は大きく異なったが、同じ季節では住宅内の絶対湿度は、ほぼ一定で、温度分布の違いが相対湿度の違いになって現れていた。調査住宅の7月の室内気候は、ほとんどの個所でカビが発育できる気候であった。換気しても入ってくるのは湿った外気でカビ防止の効果は期待できないことがわかる。1月は、何れの箇所もカビが発育する領域から離れていた。住宅内部に低温による相対湿度の上昇箇所が無ければ問題ないことがわかる。

5. カビ防止対策

最初に述べたように、カビが発育するためには「発育可能な環境」が必要である。ここでは、環境から考えるカビ防止対策として除湿と断熱について述べる。

5-1 除湿

図7の7月の気候からもわかるように、日本の夏は高温多湿で外気の絶対湿度が高いため、換気しても湿った空気が入ってくるだけでカビ防止にはあまり役立たない。

表2に、夏期のカビ防止対策として除湿の効果を調査した例を示す。梅雨の時期に戸建て住宅の空室と物

表2 夏期除湿の効果

調査 開始日	調査期間 (日)	除湿機の 使用状況	調査箇所のカビ指数		
			空室 除湿機あり	物入れ 除湿機あり	廊下 除湿機なし
6/3	14	使用なし	8.5	7.5	5.5
6/17	14	連続稼動	-	-	6.8
7/1	7	使用なし	14.3	13.2	9.4
7/8	7	連続稼動	-	-	9.2
7/15	7	使用なし	18.8	14.0	13.1

1993年に鎌倉市の戸建て住宅で調査。除湿機は空室と物入れに導入。
- : カビ指数検出なし。カビセンサー内部で胞子の発芽が認められない。

入れに除湿機を導入し、稼動させた時と稼動させなかった時のカビ指数を比較した。用いた除湿機は一般家庭用の除湿機で、連続で稼動させると室内の相対湿度を50～60％に保つ。6月3日からの調査で除湿機を稼動させていない場合、全調査箇所で設置したカビセンサー内部のカビが発芽してカビ指数が検出され、家の中はカビが発育する環境であった。次に6月17日から除湿機を連続で稼動させると、除湿機を入れている空室と物入れではカビ指数が検出されずカビが発育しない環境に変わり、除湿機の無い廊下はカビ指数が検出されカビが発育する環境を保っていた。7月1日から再び除湿機を停止させると、全調査箇所のカビ指数が検出され、7月8日から除湿機を稼動させると除湿機を入れている個所だけカビ指数が検出されなかった。除湿はカビ防止に有効であることがわかる。

5-2 断熱

冬の壁面でのカビ発生は、外気温の影響による温度低下に伴う相対湿度の上昇が最大の原因である。従って外気温の影響による温度低下を防ぐことができれば、カビ発生を抑制できるので、断熱が有効である。

表3 壁面温度が低下した場合のカビ指数
(絶対湿度 6.5g/kg dry air の場合)

温度 ()	相対湿度 (%)	カビ指数
20	45	< 1
12	69	< 1
11	80	5
10	85	13
9	90	24
8	98	70
7	100	72

表3は、冬の絶対湿度が低い時期を想定し、低温外気の影響で壁面温度が何度まで下がるとカビが発育する環境に変わるか計算した例である。使った絶対湿度は6.5 g/kg D.A.で、図6および図7に示した調査住宅の1月室内の平均気候である。6.5 g/kg D.A.の絶対湿度の場合、温度20 の室内では相対湿度が45％になる。温度が12 まで低下してもカビ指数は1未満であるが、外気温の影響で壁面温度が11 まで低下すると相対湿度が80％に

上昇しカビ指数は5でカビが発育する環境に変わる。温度が下がるほどカビ指数は高くカビの発育しやすい環境に変わり、8 に下があれば相対湿度が98％に上昇しカビ指数は70でカビの胞子が1日で発芽する環境になる。絶対湿度6.5 g/kg D.A.の室内気候の住宅であれば、断熱して壁面を12 以上に保っていれば、この時期にカビ汚染される可能性はない。

6. おわりに

カビ発育の最適温度は20～30 付近で、27 以下では温度が高いほどカビは発育しやすい。しかしこれは、あくまでも実験室内で水分が十分に含まれた寒天培地上でカビを培養した時の話である。住宅の壁面、窓枠やガラスなどは寒天培地ではない。空気中から水分が供給される状態でカビが発育する場合は、空気が元々持っている性質のほうが大きく影響する。図2の「しめり空気線図」で述べたように、絶対湿度が同じすなわち空気中の水分量が一定の場合、温度が低下すれば相対湿度が上昇し、露点温度以下になれば空気中の水分は結露になる。水漏れや雨漏りなどによる水分供給が無く、主として空気からカビに水分が供給されている箇所では、温度が下れば下がるほどカビは空気から水分をもらいやすい状態になる。

建物内部では、外気温の影響で温度が低下しやすい外壁に面した箇所がカビ汚染されやすく、太陽に温められることが無い北側の部屋のほうが南側の部屋よりもカビ汚染されやすい。また、同じ室内では冷えやすい下部のほうが上部よりもカビ汚染されやすい。これらの箇所でのカビ汚染されやすさは、全て住宅内部の絶対湿度が均一で、低温箇所では相対湿度が高くなり、常に低温を保つ箇所は常に相対湿度

度を高く保ち続けていることから説明できる。

「しめり空気線図」は、学校の授業で取り上げられることは無いが、夏は氷を入れた飲み物のコップに水滴がつくなど日常的に経験している現象からも説明できる。ガラスのコップに水滴がつくことと同じ現象が、冬期に住宅内の壁や窓で起こり、住宅内のカビ汚染の一因になっている。カビについて考える上で、空気が元々もっている性質と建物内部気候の分布の関係について、授業で扱われても良いのではないかと思う。

参考文献

- 1) A Method for Numerical Characterization of Indoor Climates by a Biosensor using a Xerophilic Fungus. Indoor Air, 3: 334-348, 1993
- 2) 好乾性カビをバイオセンサーとする室内環境評価。防菌防黴, 21 : 557-565, 1993
- 3) Assessment of Indoor Climate in an Apartment by Use of a Fungal Index. Applied and Environmental Microbiology, 62: 959-963, 1996
- 4) カビ指数による室内環境評価。防菌防黴, 29 : 557-566, 2001

じっきょうの家庭科教科書

19 年度発行予定

新家庭総合

未来をひらく生き方とパートナーシップ

新家庭総合 21

新家庭基礎

未来へつなぐパートナーシップ

新家庭基礎 21

文部科学省検定済教科書

003 家庭総合

自分らしい生き方とパートナーシップ

012 家庭基礎

自分らしい生き方とパートナーシップ

022 フードデザイン

026 発達と保育

027 被服製作

025 家庭情報処理

サブテキスト(教科書形式のテキスト)

調理 1 ○理論編

定価 1,100 円

調理 2 ○実習編

定価 1,100 円

栄 養

定価 1,000 円

リビングデザイン

定価 1,300 円

被服製作実習

定価 612 円

被服材料

定価 800 円

家庭看護・福祉 新訂版 定価 1,300 円

学習ノート 新訂版 (定価 630 円) 指導資料 (定価 3,150 円) 完備

新訂版は 2006 年 3 月発行予定

価格は 2006 年 2 月 1 日現在、税込