

図5. ペーパーディスクによる抗カビ試験判定結果の見方

- ペーパーディスク枚数 (特に円形シャーレの場合)
3～5枚/シャーレの範囲で測定可
- ペーパーディスク間隔を考慮すること。
- シャーレを逆さにして培養しないこと。
- 均一に孢子液を塗抹すること。
- ペーパーディスクから薬液がしみ出ないように安定させること。

3. 最小発育阻止濃度 (Minimum Inhibitory Concentration : MIC) 測定試験

カビに対する薬剤の有効濃度を測定する定量的な試験法で、液体培地法と寒天培地法がある。

1) 液体培地法

<操作>

①試験薬剤を調製する；2倍希釈系列を液体培地で作製する。

②孢子液 (孢子液数； $1 \sim 2 \times 10^6$ /ml) を作製する。

③2倍希釈系列で調製した薬剤加液体培地2mlに孢子液0.1mlを加える。

④培養 (25～30℃, 7日間)

⑤判定 (発育状態をみることにより抗カビ性を判定する。定量的判定である。)

2倍希釈系列調製法

- ①100 μ g/ml濃度の薬剤を調製する。
- ②下表を参考に薬剤濃度液を調製する。

(単位ml)

	薬剤濃度 (μ g/ml)									
	100	50	25	12.5	6.3	3.1	1.6	0.8	0.4	対照
薬剤(100 μ g/ml)	4	2	2	2	2	2	2	2	2	0
液体培地	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2

↓
2 mlを捨てる

判定例

薬剤濃度 (μ g/ml)	100	50	25	12.5	6.3	3.1	1.6	0.8	0.4	対照
判定 (+:発育, -:発育しない)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

*薬剤のカビに対する有効濃度のうち最小発育阻止濃度 (MIC) は12.5 μ g/mlである。

判定結果の見方 (図6参照)

コメント

- MICは発育阻止 (抗カビ性) をみる試験である。
- 液体培地中でカビの発育を阻止している薬剤の濃度を測定することであり、発育阻止とは殺カビ、静カビの両者を含む。

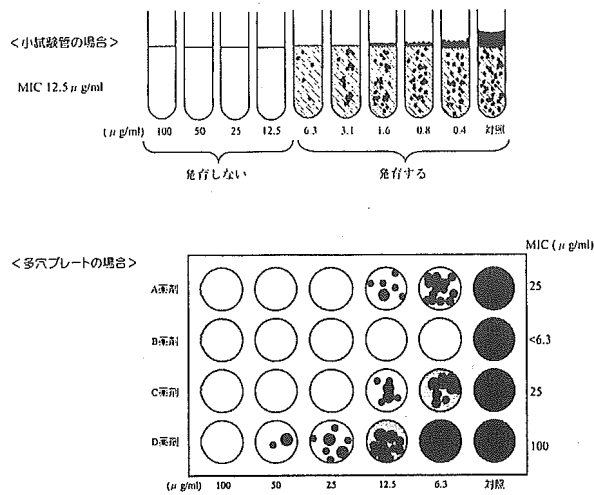


図6. 液体培地法による判定結果の見方

2) 寒天培地法

<操作>

- ①試験薬剤を調製する；2倍希釈系列を作製する。
- ↓
- ②シャーレに①の各濃度の薬剤液を2ml入れる。
- ↓
- ③滅菌溶解した寒天培地18mlを加え、よく混釈し固化する。
- ↓
- ④孢子液（孢子液数； $1 \sim 2 \times 10^6$ /ml）を作製する。
- ↓
- ⑤③の平板に孢子液0.1mlを塗抹する（または、平板画線もある）。
- ↓
- ⑥培養（25~30℃，7日間）

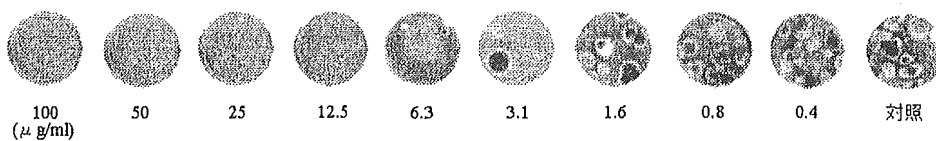


図7. 寒天培地法による判定結果の見方

⑦判定（発育状態をみることにより抗カビ性を判定する。定量的判定である。）

判定結果の見方

MIC 12.5 μg/ml (図7 参照)

コメント

・同一薬剤の寒天培地法，液体培地法によるMIC測定結果は必ずしも同じにならない。

4. 短時間薬剤処理による殺カビ試験

薬剤効果を短時間で試験する。特に薬剤の殺カビ性が強いが不安定で気化しやすい場合に実施する。

対象となる薬剤

アルコール類，ハロゲン系化合物，蒸散性抗カビ剤，ホルマリン，フェノール等

1) 液体培地法

<操作>

- ①孢子液（孢子数； $1 \sim 2 \times 10^6$ /ml）を作製する。
- ②液体培地（5ml）を試験管に分注し，試験本数を用意しておく。
- ↓
- ③薬剤を精製水で試験濃度に速やかに調製し，小試験管に2mlを入れゴム栓をする。
- ↓
- ④小試験管を恒温水槽（20℃）に入れる。

⑤④に孢子液0.1ml入れ、速やかに混和する
(混和と同時に作用時間を計測する)。

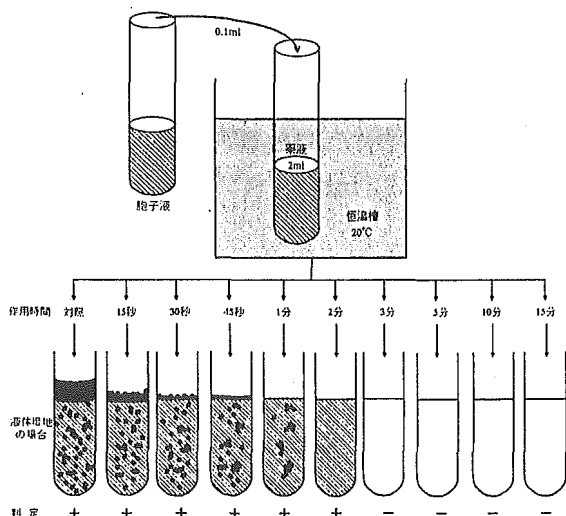
- ⑥15秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。
- 30秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。
- 45秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。
- 1分後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。

- S
- 10分後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。
 - 15分後 1 エーゼ (5~10 μl) を液体培地に入れる。

⑦後培養 (25~30°C, 7日間)

⑧判定 (発育状態をみることにより抗カビ性を判定する。)

操作方法と判定結果の見方 (図8参照)



注) - : 殺カビ性あり

図8. 殺カビ試験操作法と判定結果の見方 (液体培地の場合)

2) 寒天培地法

<操作>

- ①孢子液 (孢子数; $1 \sim 2 \times 10^6$ /ml) を作製する。
- ②寒天平板培地*を用意しておく。

* 平板培地は4分画し使用してもよい (予め濃度, 時間を記入する)。

- ③薬剤を精製水で試験濃度に速やかに調製し, 小試験管に2mlを入れゴム栓をする。

- ④小試験管を恒温水槽 (20°C) に入れる。

- ⑤孢子液0.1ml入れ、速やかに混和する (混和と同時に作用時間を計測する)。

- ⑥15秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

- 30秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

- 45秒後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

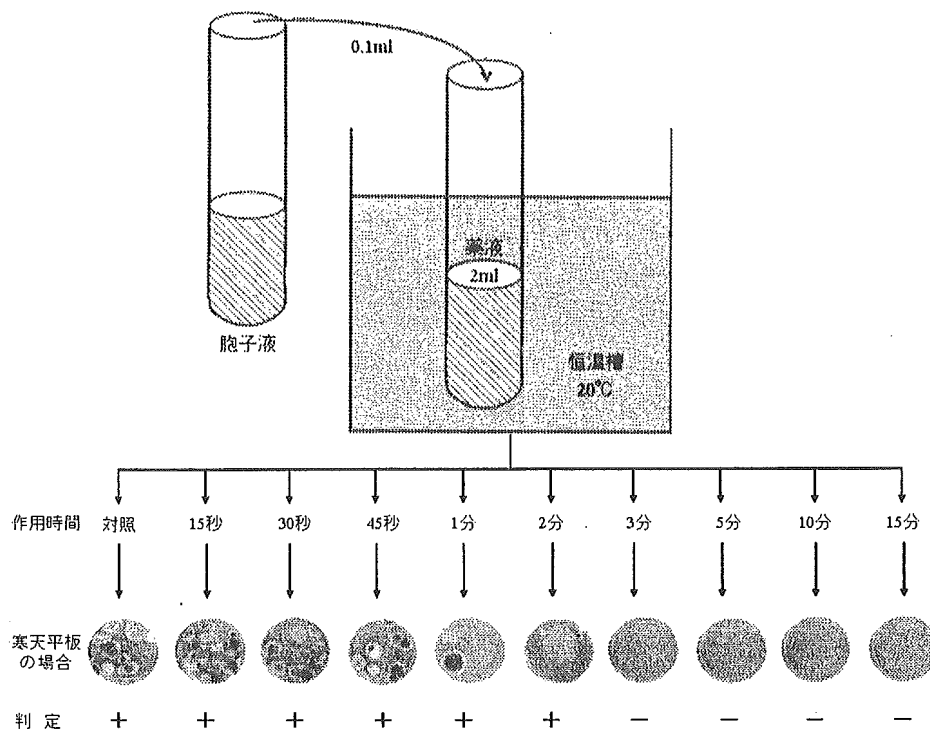
- 1分後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

- S
- 10分後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

- 15分後 1 エーゼ (5~10 μl) を寒天平板培地に塗抹する。

⑦培養 (25~30°C, 7日間)

⑧判定 (発育状態をみることにより抗カビ性を判定する。)



注) - ; 殺カビ性あり

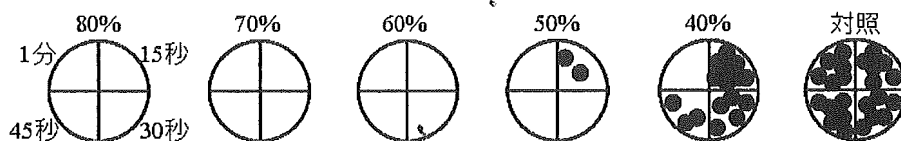


図9. 殺カビ試験操作法と判定結果の見方 (寒天培地の場合)

操作方法と判定結果の見方 (図9参照)

コメント

- 寒天平板培地にレシチン, ポリスルベート80 不活化剤等を添加した培地を使用することが望

ましい。

- 試験薬剤が気化しやすい場合には薬剤の希釈および試験は速やかに行うこと。
- 気化性, 引火性, 毒性の強い薬剤の取り扱いには慎重に行う。

防カビ技術の基礎

太田 利子 (相模女子大学)

村松 芳多子 (千葉県立衛生短期大学)

高鳥 浩介 (国立医薬品食品衛生研究所)

はじめに

カビ、この生物とヒトとのかかわりは太古の昔からある。その結びつきは、ヒトに対して有益であったり、逆に有害であったりしてきた。我々の生活が快適になればなるほど、カビとの結びつきが強くなることは意外と知られていない。カビの有害な面から探ると、生活環境で本来あってはならない現象が数多くみうけられる。この例として、建物のカビ被害があり、先ほど述べたように、生活空間がヒトにとって快適になればなるほど、カビが建物のいたるところに蔓延してくる。今日現実にそのカビ被害で悩む世帯は、全世帯の約7割強ともいわれている。この問題は一見、見離されたかっこうになっているが、しかしよく考えると、この問題を放っておくことは、生活環境の衛生学的指標として著しく大きな問題である。そのためには、

まず我々がカビに対する認識を持ち、よく理解したうえで、カビ対策を講じなければならない。この本稿では、防カビ技術に対する基礎知識を得ることを目的としてまとめたものである。

A. カビとは

1. 微生物の世界

微生物にはいったいどのような種類があるものか、まずみておく必要がある。大きな原虫からカビを含めた真菌、さらに大腸菌のような細菌、より小さなインフルエンザウィルスまで非常に多くの種類がある(表1)。

2. 微生物の大きさ

微生物は目でみることのできない小さな生物であり、その大きさはいわゆる「ミクロの世界」である。つまり微生物を見つけ出すためには、顕微鏡によらないで確認はできない。それぞれの微生物の大きさの比較を図1にまとめた。

3. カビの種類

さて、微生物の中でカビの位置と大きさはわかったと思われるので、それではこの自然界にどれ位のカビの種類が存在するかみておく必要がある。表2に示したように、その種類約6万種にもものぼる。

表1 微生物の種類

原虫	アメーバ, トリコモナス
真菌	キノコ (マツタケ, シイタケ) カビ (クロカビ, アオカビ) 酵母 (パン酵母, 赤色酵母)
細菌	大腸菌, 黄色ブドウ球菌, 緑膿菌 MRSA (メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)
マイコプラズマ	肺炎原因菌
ウィルス	肝炎ウィルス, HIV (エイズウィルス) インフルエンザウィルス

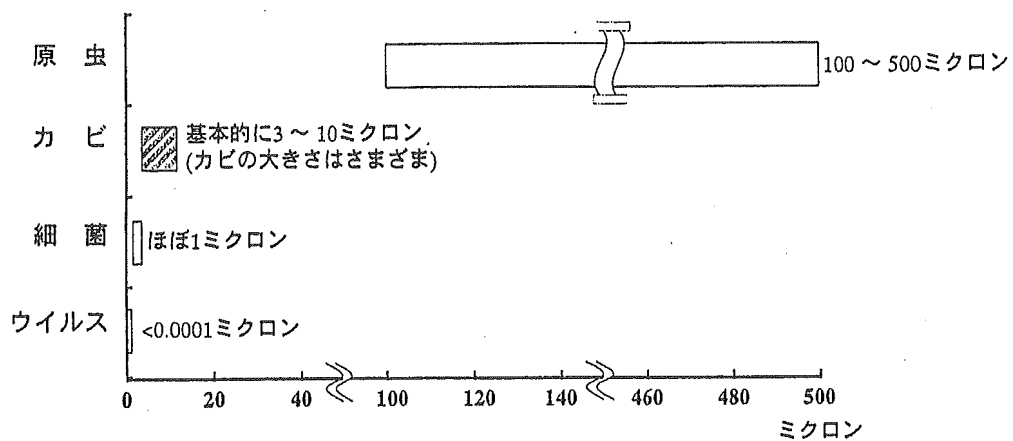


図1 微生物の大きさ

4. カビ(胞子)の形

カビ(胞子)は単細胞であったり多細胞であったり複雑な形をとる。その形を図2にまとめた。

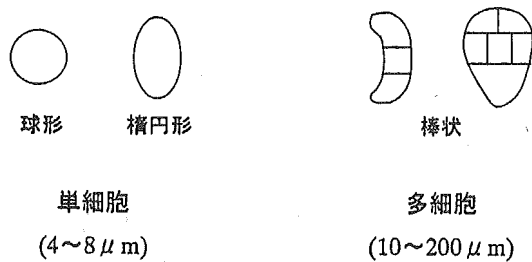


図2 カビ(胞子)の形

表3 カビの俗名

<i>Aspergillus</i>	コウジカビ
<i>Eurotium</i>	カワキコウジカビ
<i>Penicillium</i>	アオカビ
<i>Fusarium</i>	アカカビ
<i>Cladosporium</i>	クロカビ
<i>Aureobasidium</i>	黒色酵母様菌
<i>Alternaria</i>	ススカビ
<i>Mucor</i>	ケカビ
<i>Rhizopus</i>	クモノスカビ
<i>Absidia</i>	ユミケカビ
<i>Trichoderma</i>	ツチアオカビ
<i>Chaetomium</i>	ケタマカビ
<i>Wallemia</i>	アズキイロカビ

表2 カビの種類

ミズカビ	約 1,000 種
ケカビ	700 種
子のう菌類	29,000 種
キノコ類	16,000 種
不完全菌類	17,000 種

5. カビの俗名

カビの名称には学名と俗名があり、主なカビについて対比しておく(表3)。このカビの名称に関しては対象となる相手によって、どちらを使うか決める。

6. カビの増え方

微生物それぞれの増え方は異なる(図3)。細菌は分裂により、1個の細胞が分かれて倍数で増えていく。酵母は出芽法で、細胞から突起がでてきてそこから細胞が増えていく。カビは、胞子から菌糸をつくり増えていく。カビの増え方をさらに詳しく、コウジカビ(*Aspergillus*)を例に挙げてみる。

まず胞子が発芽し、菌糸を形成する。菌糸はあちこちに伸びて、ついには目でみえるようになると、また胞子を産生するようになる(図4)。このようなサイクルで進むが、その伸びる時間は非常に遅い。

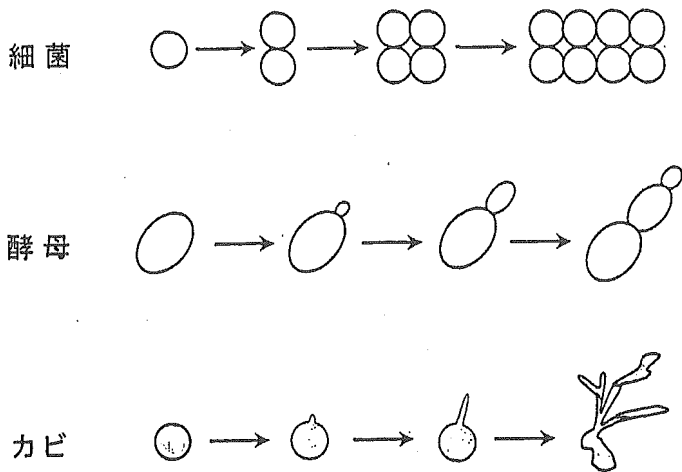


図3 微生物の増え方

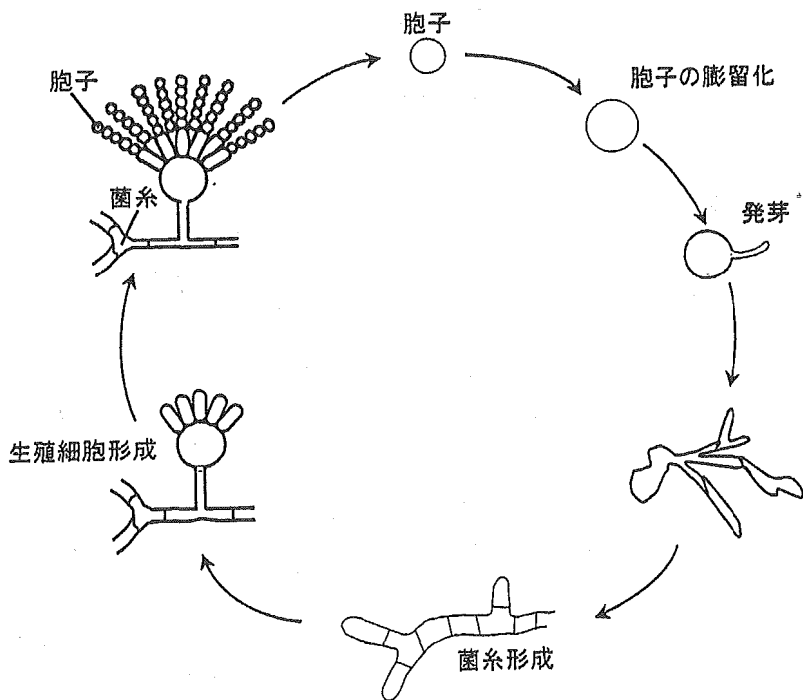


図4 カビの増え方

7. カビの発育

温度：住環境に多いカビは、体温以上で生きうることは少ない。だいたい 20~30℃を適温とする（図5）。

湿度：湿度はほぼ 90%以上になるとカビが生えはじめる。また 80~90%間はカビの種類により、生えるカビと生えないカビがみられる。一般には 70%以下になるとほとんどのカビは生

えない（図6）。

酸素：カビの生える重要な因子として酸素がある。酸素の欠いた部分では、カビは発育しない。例えば、ものの表面ではよく発育するが、深部ではカビの菌糸も深く入りこまない（図7）。

水素濃度イオン（pH）：一般には弱酸性の pH 5~6 が最もよく発育する。しかし必ずしも pH に影響をうけることなく、酸性でもアルカリ性でもほとんどの域でカビは生えることができる（図8）。

養分：カビの栄養源は、基本的に糖・たんぱく質・脂質・無機質である。しかしどんなところでも生えるように、養分は微量あればどのような基質でも発生することができる（図9）。

8. カビは水だけで生えるか？

空気中の水分を利用して生えることができる。しかし、空中で飛びながら増えることはない。生えるときには、基質の表面である（図10）。

9. カビの性質

カビの性質について生理性状をまとめてきたが、さらにカビの寿命についてみておく必要がある。カビの胞子をとり出してその生存性をみると、図11のとおりとなり、ほぼ3つの型に分けることができる。つまり生存は湿度に依存してくる。

10. カビの代謝物

代謝物とは“フン”のことであり、ヒトに有益なものや有害のものがある。

有益なものとしては、色素、酵素、ホルモン、ビタミン、有機物、抗生剤などがある。

一方、有害なものとしてカビ毒（マイコトキ

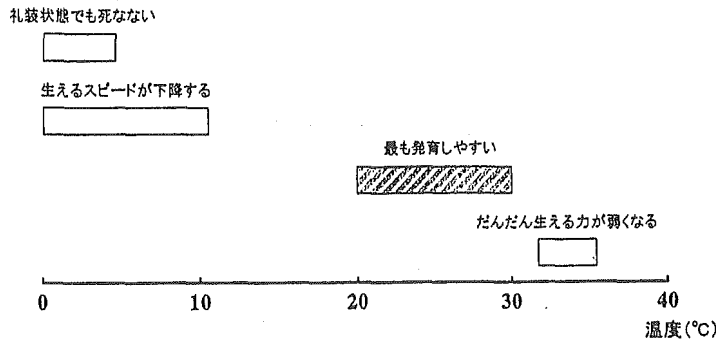


図5 カビの生える温度条件

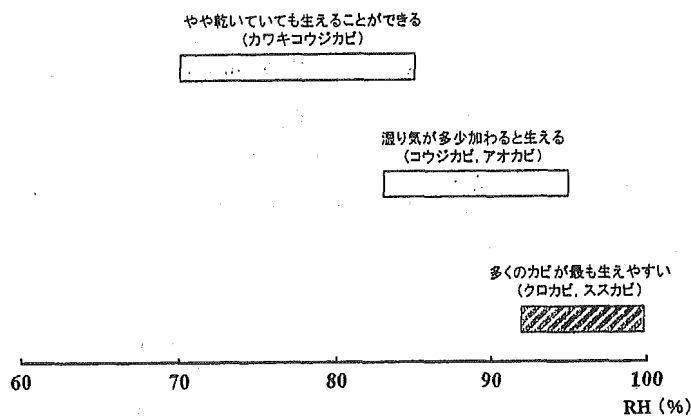


図6 カビの生える湿度条件

シン)があり、中には発ガン性の強いアフラトキシンやオクラトキシン、ステリグマトシスチンのようなものから、アカカビ毒、アオカビによるカビ毒もある。いずれも人体にとって重篤な症状を呈す代謝物であり、注意を要するカビ毒である。

B. 環境を汚染するカビ

カビによる住環境への害は日常的であるが、どの場所(現場)でも常に同じカビが汚染するとは限らない。その具体的例を示し、現場でのカビ対策の参考にしていただきたい。

- ・玄関：クロカビ、ススカビ
- ・台所：クロカビ、ススカビ、アカカビ
- ・浴室：クロカビ、ススカビ、フォーマ、黒色酵母様菌、アカカビ

- ・居間：クロカビ、ススカビ、アカカビ
- ・トイレ：クロカビ、アカカビ、アオカビ、コウジカビ
- ・洗面所：クロカビ、ススカビ、アオカビ
- ・押入れ：クロカビ、ススカビ、アカカビ
- ・和室：クロカビ、アオカビ、ケタマカビ、ツチアオカビ、(放線菌)
- ・食品環境(魚肉工場)：クロカビ、アカカビ、ススカビ、フォーマ、ペシロミセス、クモノスカビ、黒色酵母様菌、(酵母)

(給食センター炊事場)：クロカビ、ススカビ、黒色酵母様菌、

(食品工場食堂)：クロカビ、ススカビ、アカカビ

(学校厨房)：クロカビ、ススカビ、アカカビ

(アルコール醸造工場)：クロカビ、ススカビ、

アオカビ、コウジカビ、黒色酵母様菌
(製糖工場)：クロカビ、ススカビ、アカ

カビ、アオカビ

(製粉工場製粉場)：コウジカビ、カワキコウジカビ、アオカビ、クロカビ、ミルク腐敗カビ

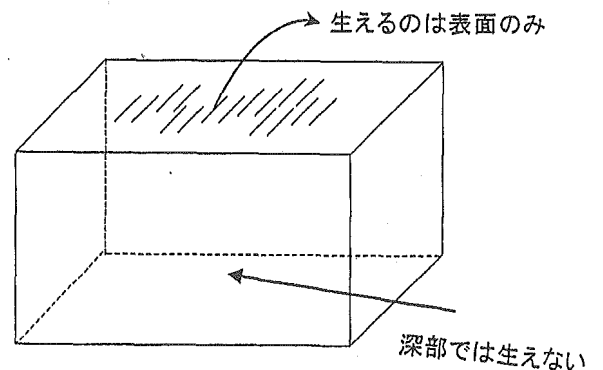


図7 カビが生えるために酸素が必要である

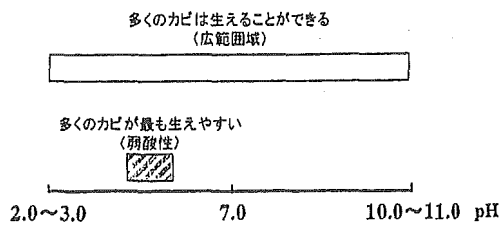


図8 カビの生える pH 条件

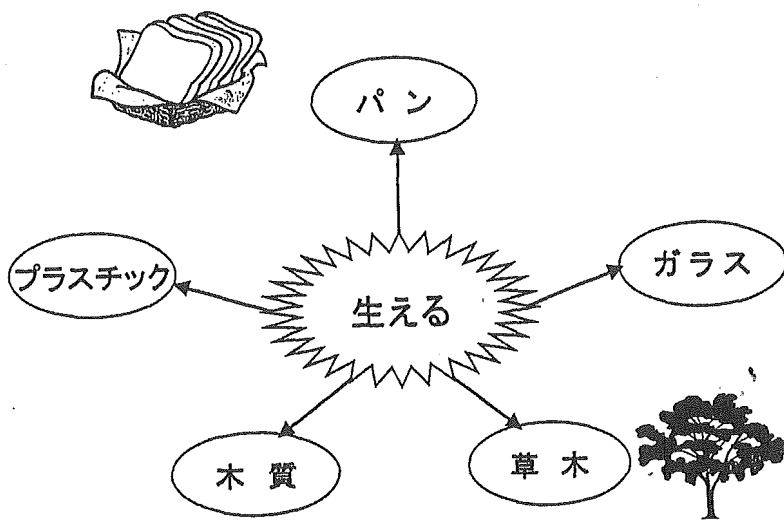


図9 カビの栄養

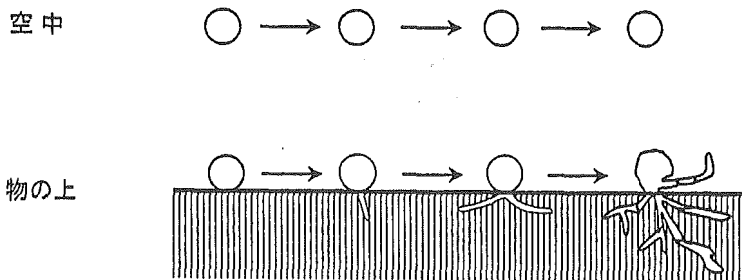


図10 カビが生える

(冷凍工場冷凍庫内)：クロカビ、アオカビ、ススカビ、コウジカビ、クモノスカビ、アカカビ、フォーマ

・医療環境 (病院)：クロカビ、ススカビ

C. カビの害と防止

1. カビの害

劣化・腐朽・腐敗：多くのカビは劣化や腐敗作用を有しており、カビの生えることにより周りをボロボロにする性質がある。その劣化などが起こしやすい基質との関係をまとめた (図12)。

中毒：カビにはカビ毒 (マイコトキシン) を産生するものがあり、カビとカビ毒およびその特徴をまとめた (図13)。

アレルギー：家庭内で発生するアレルギーの原因として、ダニ・ハウスダストを含めカビも知られてきた。特に高気密化高断熱による生活空間が、カビにとって発生しやすい環境であり、現在カビによるアレルギーについて、確たるアレルゲンは発見されていないが、少なくとも近い将来証明されるものと思われる。

感染症：ハウスダスト、カーペット、畳についているカビの中で、感染する種が知られている。また、ヒトの生体に常在して、それがハウスダストに入り、さらにヒトへ感染するケースも知られている。特に家庭環境で感染しやすいものとして水虫菌がある。また、食品工場などでは湿っているそこには多くのカビが分布しており、健康を害したヒトに感染しやすい。そのカビのことを日和見 (ひよりみ) 病原性カビといい、この種のカビは、生活している環

境の何処にでもいる。特に高齢社会になると、このカビが問題視されるようになる。

2. カビ防止

さまざまな環境からカビを防ぐ手段として、物理的方法と化学的方法の2通りがあげられ

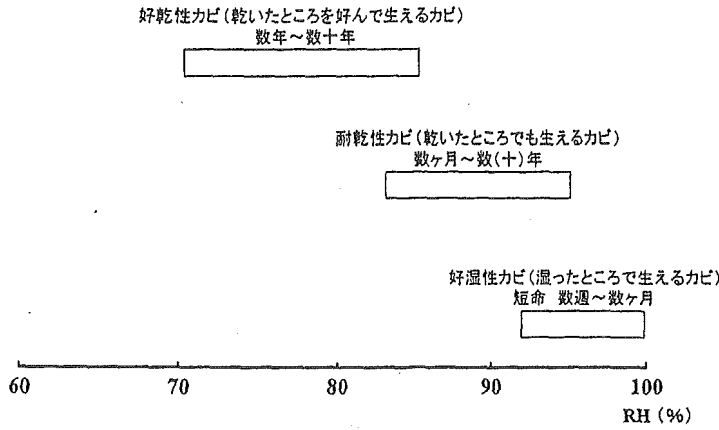


図 11 カビの寿命

る。

1) 物理的対策

まず物理的方法として、一般には以下の方法でまとめることができる。

高温、低温：60℃の湿熱で15～30分で殆ど死滅し、冷凍では生えない。

乾燥：好湿性カビは容易に死滅する。

通気：好湿性カビは容易に死滅する。

日光：光紫外線による殺カビと乾燥が有効的である。

UV照射：直接照射することにより死

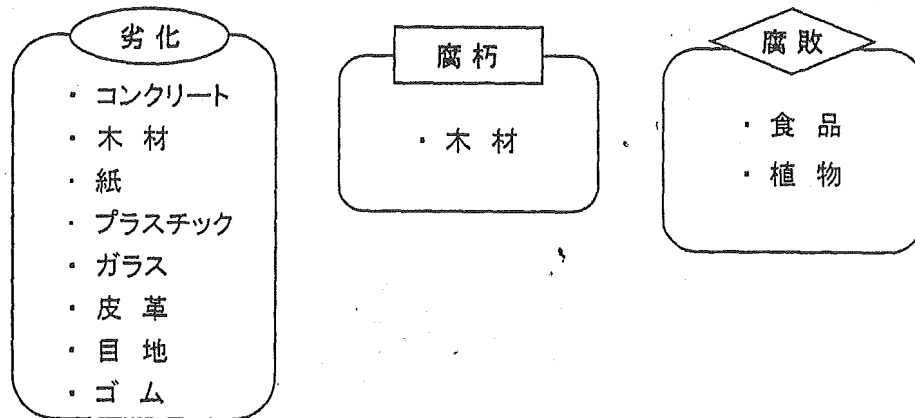


図 12 カビによる劣化・腐朽・腐敗

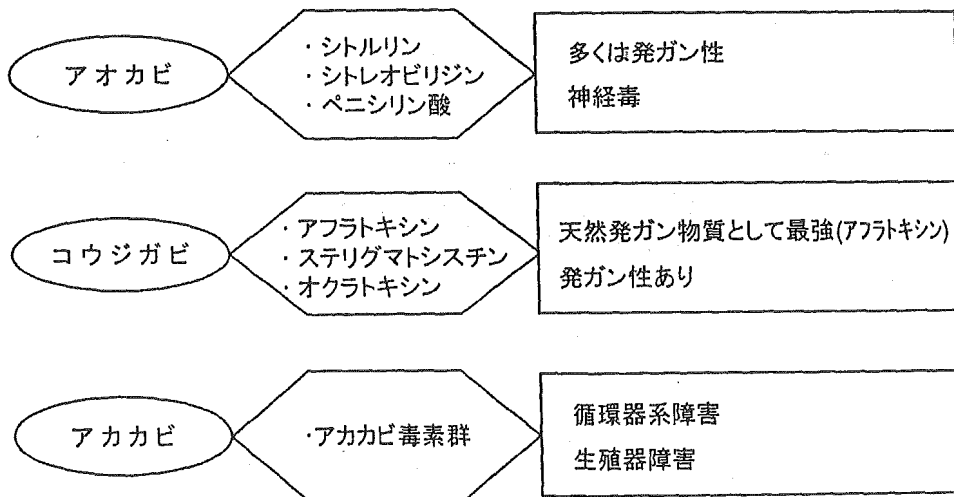


図 13 カビとカビ毒

滅する。

空気清浄化：フィルターによる除カビも有効である。

ここで示したように、カビは熱、乾燥に弱滅という性質をもっている。その性質を利用してカビを防御することができる。また空気清浄化により清浄環境をつくったり、UV照射によりカビを死滅させたりすることが可能である。

2) 化学的対策

化学的方法としては主に消毒薬による方法と抗カビ剤による方法である。前者は殺カビ性が短時間で望むことができ、殺カビ効果は有効である。また後者はどちらかという抗カビ性であり、殺カビと静カビの両者を兼ねることが多い。

そのため長期にわたり薬剤が有効であることが期待される。

消毒薬：消毒薬とその効果を表4に示した。

抗カビ剤：抗カビ剤として環境に応用されている代表的な抗カビ剤をまとめた(表5)。

表4 消毒薬とその効果

種類	薬剤名	効果の程度
アルコール系	エタノール	70%がよく、30秒でほとんど死滅する
フェノール系	石炭酸	1~3%でほとんど死滅する
塩素系	次亜塩素酸ナトリウム	短時間で殺カビ性示す
グアニジン系	クロルヘキシジン	カビに有効
カチオン系	逆性石けん	カビに有効
グルシン系	両性界面活性剤	カビに有効

D. カビ防止上の問題点

1. 汚染防止施行の過信

汚染防止対策として薬剤などを利用した場合であっても、決してその効果を過信してはならない。防止対策は「もうカビは生えない」という意識が強く働くものであるが、処理法いかんによっては短期に再汚染を認めることがあ

表5 環境に応用される代表的な抗カビ剤

種類	薬剤名
ハロゲン系	ブロムシナンアルデヒド (BCA) テトラクロロイソフタロニトリル (TPN)
フェノール系	オルソフェニルフェノール (OPP) パラクロメタキシレノール (PCMX)
イミダゾール系	チアベンダゾール (TBZ)
チアゾール系	2-メチル-4-イソチアゾリン-3-イオン
グアニジン系	グルコン酸クロルヘキシジン
ピリジン系	Na-2-ピリジンチオール-1-オキサイド
有機ヒ素化合物	10-10'-オキシビスフェノオキシアルシン
アミド系	ジチオ-2, 2-ビス(ベンツメチルアミド)

る。これは処理技術のまずさと、カビに対する認識の欠如によるものであり、そう簡単にカビ防御出来るものではないことを知る事が重要である。カビ汚染防止に対する過信の一例として紫外線があり、紫外線を照射すればカビは完全に防御できると思いがちであるが、一旦カビ発生した場所への応用は無意味であり、まずその効果は望めない。また薬剤にしても全てのカビに有効とされる薬剤は知られていない。

1. 過度な処理より適度な処理

化学的処理にしても物理的処理にしても、適度な対応が望ましい。高濃度の薬剤だからといって、カビに有効とは限らない。最小限にして最大限の防御効果をねらうことが重要であり、このような考え方にもどって抗カビ処理を認識していただきたい。

2. 汚染防止の基本は予防から

今まで述べてきたように、カビは基質、環境で一旦発生すると、その防御には非常な困難を伴うことが多い。このような場合、薬剤処理にしても後日再発生するケースが非常に多い。またカビの発生により、カビがそれぞれの防御処理に対して、既に抵抗を示す集団となり、発生場所にいすわってしまうからである。いずれにしてもカビの発生後での防御に対して、よほどのことがない限り完全殺滅は難しいので、予めカビの発生しそうな環境、基質に対して、カビ防御することが最も望ましい姿である。カビを防ぐ基本は予防にある。

参考文献

1. 神山幸弘・山野勝次：害虫とカビから住まいを守る,彰国社,1992
2. 吉川翠・芹沢達・山田雅士：ダニ・カビ結露,井上書院,1989
3. 井上鉄彦：住まいとカビ,日刊工業新聞社,1988
4. 高鳥浩介：カビそのミクロの世界,メニュー・アイディア,食品産業新聞社,1985
5. 小笠原和夫：カビの科学,地人書館,1981
6. Deacon, J.W.: Modern Mycology, Blackwell, 2nd ed., 1984
7. 宮治誠：カビと病気,自然の友社,1986
8. 高鳥浩介 (監修)：かび検査マニュアル カラー図譜,テクノシステム,2002