

**特 集**

「第15回日本臨床環境医学会総会シンポジウム」(臨床環境15:101~106, 2006)

**住環境にみる普遍的な真菌**

高 鳥 浩 介

国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部

**Fungi in dwelling environments**

Kosuke Takatori

National Institute for Environmental Studies

**要約**

住環境にみる真菌は、大気中、ハウスダストなどに広く生息分布し、真菌にとって適環境が得られると大量の発生から汚染へと進む。こうした真菌は、時として生体に悪影響を及ぼすことがあり、そうした意味では真菌は有害といえる生物である。本稿では特に住環境に多い真菌 *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Eurotium*, *Wallemia* を中心に、住環境での生態分布、主要真菌の性状、有害性などを紹介しながら生体との関わりについてまとめた。

**Abstract**

Fungi are commonly found in dwelling environments such as air and housedust. The predominant fungi, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Eurotium* and *Wallemia* live mainly in indoor air, housedust (HD), clothes and contaminated dwelling materials. Fungi are the causative agents of allergy and retain with a serious human health problem because the fungal cells scatter from the air or HD. The biological activities also have health implications from the viewpoint of fungal allergens. In this paper, ecological and mycological investigation of dwelling environmental fungi is discussed.

《Key words》 fungi, dwelling environment, ecology, allergen, human health hazard

**I. はじめに**

住環境には無数の真菌を含めた微生物が生息している<sup>1,2)</sup>。真菌は微生物の中であって非常に複雑な生物である。それを住環境で見ると、湿度の高い場所に発生する真菌は、従来から知られているが、必ずしも湿度の高い環境ばかりとは限らな

い。住環境で湿度の高い浴室、洗面所、台所ではなく、リビングや和室寝室などでも真菌による有害な問題が発生している<sup>2)</sup>。つまり住環境の至る場所で真菌による大小の問題が起こっており、それが環境だけでなく健康被害としても重要である<sup>3)</sup>。

別刷請求宛先：高鳥浩介

〒158-8501 世田谷区上用賀1-18-1 国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部

Reprint Requests to Kosuke Takatori, National Institute of Health Sciences, 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501 Japan

真菌が複雑であるもう一つの点は、環境や生体に被害をもたらすとそれを除去するのに一筋縄では制御できない生物であること。環境ではまさに汚染を受けた場所での対応は困難である。臨床上でもアレルギーや真菌症、さらにはシックハウス症候群とも関わりこうした被害をいかに制御するか医学的にも多くの問題点を有している。

そこで本稿では、健康被害及び環境被害を引き起こすであろう真菌が住環境にあって普遍的に生息する真菌がどのような生態をとり、住環境のそれぞれの場所で主役とりながら環境や生体に影響を及ぼすか生物学的視点に立ってまとめることとした。

## II. 真菌の生態分布

自然界にみる真菌は、その多くが土壌を起源とし、土壌を介してさまざまな環境へと飛散する<sup>4)</sup>。ヒトと真菌を考慮した場合の環境として住環境があり、その住環境に分布する真菌についてまとめる(図1)。

近年の住構造は、快適な住環境を得るために適温性が重視され、それを維持するため気密性を高める傾向にある。しかし、気密性・高断熱がかえって高温な環境を生じさせることとなり、それが住宅設備への真菌発生を一層早める。住宅に発生する真菌の多くは、こうした気温と湿度が深く関与する。

住宅の中で真菌の発生しやすい場所をみても、

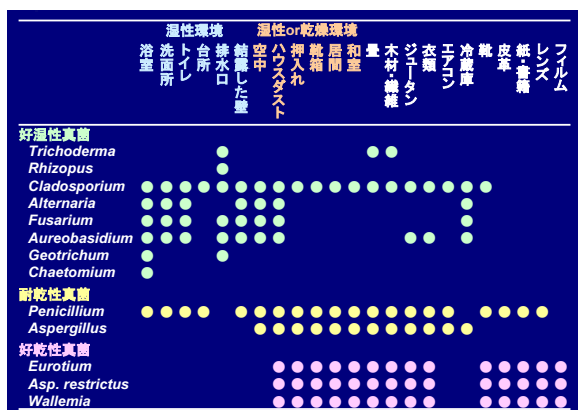


図1 生活環境にみる主要真菌

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している<sup>5)</sup>。また、結露のみられる窓や壁面はまさに真菌で汚れている。こうした環境で発生する真菌の多くは、*Cladosporium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Fusarium* 及び酵母などである。つまり、この種の真菌は湿ったところに発生する仲間である。また玄関の靴箱、押入れ、タタミなど一見湿ってはいないような場所にも真菌の発生をみる。たとえば、*Aspergillus*, *Penicillium* がその一群である。さらに書籍、ガラス、プラスチック、皮革などに発生する *Eurotium* は、ハウスダストなどで長期間生存し続ける。このようにいつも湿った場所だけに発生するとは限らず、真菌種により発生要因の異なることが知られている。住環境で生息する真菌を場所やものでまとめてみる。

### 1. ハウスダスト

掃除機のダストにはほぼ $10^4 - 10^7$ /g の真菌が生息する。ダストの量と真菌はほぼ比例する<sup>6)</sup>。主要真菌は *Penicillium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Wallemia* である。大量の真菌がダスト中に存在することから生体への影響は無視できない。

### 2. 室内空中

落下する真菌を測定すると10分間に数個～30個認められる<sup>2)</sup>。また浮遊法による真菌量は10～50/100L である。この数値のバラツキは住宅環境や季節により異なる。季節では6～7月および9～10月に多くなる傾向にある。主に *Cladosporium*, *Penicillium* が多い。

### 3. 空調機

室内環境の空調機フィルターには、室内ダストが付着し、空調機を稼働させるとそのダストが室内へと飛散する。そのため、フィルター付着真菌がアレルゲンとして重視されてきた。フィルターにみる真菌をみると、その主要真菌はいずれも *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Wallemia* であり、これら真菌はいずれもハウスダストとほぼ同傾向にある。

### 4. ジュータン、カーペット

100 cm<sup>2</sup>あたりの真菌量をみると $10^2 - 10^5$  個にあり、このような材質での真菌の存在はダニ同様

に問題になる。*Penicillium*, *Aspergillus*が多い。ジュータンの有無による真菌数をみると、一般真菌、一般酵母では差を認めないが好乾性真菌では著しい差がみられる。すなわちジュータン有りの方が無しにくらべ真菌数が多く、特に好乾性真菌である *Aspergillus restrictus*, *Eurotium*, *Wallemia* が多い。一般にジュータンでダニが多い場所には真菌(特に好乾性真菌)も同じく多く、アレルゲンとして注目される。

### 5. タタミ

100 cm<sup>2</sup>あたりでの真菌量は10<sup>1</sup>–10<sup>3</sup>個であり、ジュータン、カーペットより少ない。*Penicillium*, *Eurotium*, *Wallemia* をみる。

### 6. フローリング

100 cm<sup>2</sup>あたりでの真菌量は10<sup>1</sup>–10<sup>2</sup>個であり、タタミよりさらに少ない傾向にある。真菌はダストにみる種と共通する。

## III. 真菌発生の要因

住環境に付着、発育する真菌が汚染する要因として湿度または水分活性(A<sub>w</sub>)、温度、酸素、水素イオン濃度(pH)、素材の成分などがある<sup>7)</sup>。

### 1. 湿度・水分活性(A<sub>w</sub>)

真菌を含めた微生物は全細胞の75~90%が水分であり、細胞の活性を維持している。その真菌の機能的特性から、次のような分類がされる。

- 1) 高湿な環境で活性の強い好湿性真菌
- 2) ほどほどの水分を要求する耐乾性(中湿性)真菌
- 3) 低A<sub>w</sub>で細胞活性を有する好乾性真菌に分けられる。これら真菌の分類は、湿度、A<sub>w</sub>を中心としており、ヒトの生活環境にみる真菌は、このいずれかの分類基準に含まれる

### 2. 温度

温度に対する反応も真菌の特徴の1つである。最適温度は20~30℃であり、このような性質を有した真菌は一般に腐生性の中温性真菌である。

微生物のうち細菌、ウイルスは体温に近い35~37℃を適温とし、同じ真菌である酵母も比較的30℃台でよく発育する。しかし、真菌の中でもいわゆるカビの多くは腐生性であり、そのため30℃あ

たりを上限とする種類が多い。

### 3. 酸素

真菌の発育にとって酸素の供給は必要不可欠であり、特にカビは著しく好氣的性質を持つ。

### 4. 水素イオン濃度

多くの真菌では水素イオン濃度(pH) 3~9の広い範囲で発育する。最適pHは7より酸性側にあり、多くはpH5.5~6.5である。ところが浴室の目地材は強アルカリであるが、それでも真菌は発生する。

### 5. 養分(成分)

成分として要求するものは炭素源、窒素源、適量の無機化合物およびある種の発育促進物質である。炭素源としてはほとんどすべての真菌がブドウ糖を利用する。アンモニウム塩、硝酸塩のような無機窒素化合物を利用する。無機塩の形で窒素化合物を利用できるのは真菌の特徴の一つである。無機化合物としてはカリウム、リン酸、マグネシウム、イオウなど必要である。

### 6. 光

光は真菌の発育に必ずしも必要とはしない。ただし一部の真菌で光との関係を見ると向光性を有すこともあるが際だった特徴であるとはいえない。

## IV. 住環境に多い真菌

### 1. *Aspergillus* (図2)

アスペルギルス(*Aspergillus*)属は自然界に広く分布する代表的な真菌である。住環境などとの関連から主だった菌種は *A.flavus*, *A.fumigatus*, *A.niger*, *A.ochraceus*, *A.restrictus*, *A.terreus*, *A.ustus*, *A.versicolor* である<sup>7)</sup>。

*Aspergillus* がヒトに対して、アレルギー、感染症および中毒を引き起こす。中温性の耐乾性~好乾性であり、ハウスダスト、土壌、食品(乾燥穀類)、繊維、紙、木材、皮革、体表などに分布する。

### 2. *Penicillium* (図3)

ペニシリウム(*Penicillium*)属はアスペルギルス属同様に自然界での分布や、生物性状が比較的類似しており共通点が多い。しかし、明らかに異なる点は温度抵抗性であり、ペニシリウム属の



図2 *Aspergillus*



図3 *Penicillium*

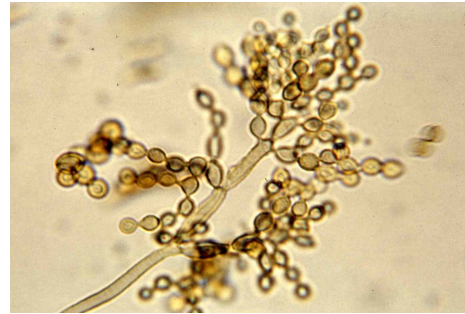


図4 *Cladosporium*

多くは30℃以上で発育不良のいわゆる中温性にある。この真菌の中には臭気を発生する種が多く知られている。ハウスダスト、空中、繊維、木材、穀類に多く、アレルギーとして重視される。

### 3. *Cladosporium* (図4)

クラドスポリウム (*Cladosporium*) 属の中で分布の広い菌種は *C.cladosporioides*, *C.sphaerospermum* の2種である。いずれも汚染性が強く、湿性基質では最も多く検出される。中温性・好湿性であり、湿性、水系の環境に多く、土壌、植物、空中、繊維、紙、木材、皮革、体表、ハウスダスト、油剤、目地、工業材料(プラスチック)、食品(乾燥穀類)など著しく広い分布をとる。有害性として汚染、劣化が主である。

### 4. *Eurotium*

ユーロチウム (*Eurotium*) 属は乾燥基質や環境で長期にわたり生存できる好乾性真菌である。ユーロチウムのなかで *E. amstelodami*, *E. chevalieri*, *E. repens*, *E. rubrum* の検出頻度が高い。中温性の好乾性であり、ハウスダスト、畳、繊維、紙、木材、皮革、土壌、植物、空中、食品(乾燥穀類)、体表など分布は広い。皮革、衣類などの劣化をおこす。

### 5. *Fusarium*

フザリウム (*Fusarium*) 属の多くは、湿つぱい環境で発生すると着色する性質を持つ。中温性・好湿性真菌であり、浴室、洗面所、台所、結露部

などの壁面や基質を汚染する。植物、空中、繊維、木材、食品などに多い。

### 6. *Aureobasidium*

オーレオバシディウム (*Aureobasidium*) 属は酵母様真菌であり、水系環境に広く生息している。中温性・好湿性であり、湿性、水系環境に多く、また土壌、空中、繊維、木材、目地に広く分布する。有害性として劣化や黒色汚染をおこし、日和見感染を引き起こす。

### 7. *Alternaria*

アルタナリア (*Alternaria*) 属は湿性環境に多く分布する。汚染すると黒褐色となることからスカビという。中温性の好湿性である。*Cladosporium* とほぼ同じ生態分布をとり、木材、植物繊維原料、空中、土壌などに多い。細胞が大きく、しばしばアレルギー性鼻炎の起因菌となる。細胞構成の最外層である細胞壁は頑強であり、UV処理でも著しく抵抗する。

### 8. *Trichoderma*

トリコデルマ (*Trichoderma*) 属の多くは湿性環境に広く分布し、発育が速やかで酵素活性の強い真菌として知られている。中温性・好湿性であり、水系の環境に多く、土壌、植物、繊維、木材、ハウスダスト、湿性食品に広く分布する。有害性として木材、繊維の劣化を起こす。

### 9. *Wallemia*

ワーレミア (*Wallemia sebi*) は、住環境の

ダスト空調機などに多く、多くはダストに付着しながら生息しているものといえる。生物学的特徴は、好ちよう性であり、*Eurotium* などと同じ生態をとるといえる。ただこの真菌は乾燥に対してどの程度生残活性があるか不明である。

## 10. 酵母

住環境で酵母の発生は湿度の高い場所か水系である。浴室、洗面所、台所の排水溝やスポンジ、タオル、シーツなどである。水たまりにも酵母は発生する。住環境で多い酵母は *Rhodotorula* 赤色酵母であり、まさに基質をピンク色に染める。

## V. 住環境普遍性真菌の生物特性

住環境普遍性のある真菌が、生態的にどのような特性を持ちながら住環境に分布するかといった研究は少ない。住環境に真菌が生息するにはいくつかの条件をクリアしなければならない。どのような環境で最も生息しやすいか、また逆に生息しにくいかを把握する必要もある。筆者は、住環境にみる真菌が環境及び健康にどの程度の影響を及ぼしているか生物学的観点から検討しており、その一部を紹介したい。

真菌が発育するには環境や生体での発芽能がどの程度あるか確認することがポイントである。特に生体での発育が重要となる。住環境生息性の強い真菌の多くは温度が30℃以上になると発育できない。しかし生体を考慮した場合アレルゲンや感染と関わる真菌はそれ以上の温度で活性を維持する必要がある。

健康影響及ぼす真菌は生体に触れることにより、胞子の活性が始まるものと考えられる。真菌の生細胞は呼吸器系の粘膜にあって、その体温と湿りで容易に発芽すると思われる。例えば、*Alternaria* は、一般に高温では発育し集落形成ができないとされるが、37℃であっても初期の発芽が起こり、さらに菌糸まで伸張する。その間に菌体外酵素を産生するが、その後集落形成するまでにはいかない。これが多くの環境性真菌が有す特徴である<sup>8~10)</sup>。*Alternaria* による速やかな発芽現象は *Alternaria* に限らず確認されており、菌体外酵素とのかかわりが今後のアレルゲン解明

につながるものと思われる。

住環境にみる真菌の存在について、今までの多くの研究は、生細胞のみを対象としてきている。しかしアレルゲンは、必ずしも生細胞に限るものではないことに注目し、環境にみる真菌の死細胞を確認する方法を開発しており、今後真菌のアレルゲンをこうした生死細胞で確認する研究を進める必要がある。

## VI. まとめ

住環境にみる真菌は、臨床医学上さまざまな問題を有している(図5)。生体は住環境にあって生活をしながら無意識のうちに多くの微生物を吸収している。その微生物である真菌が量的な面を含め“異常な”状態となった場合、環境として好ましいものとはいえない。真菌は普遍的に住環境に分布生息することから環境と健康の両輪をうまくコントロールしながら生活することを期待する。

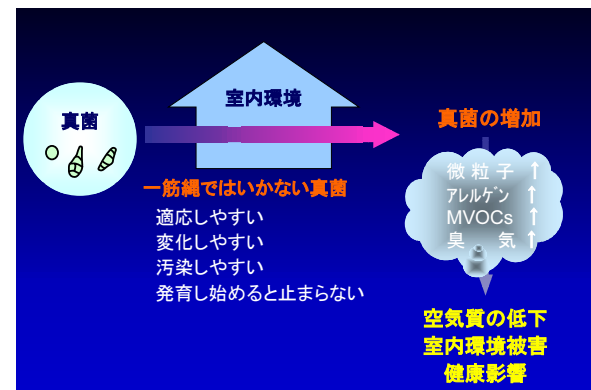


図5 室内環境真菌がもたらすさまざまな問題

## 文献

- 1) 高鳥浩介、相原真紀：真菌とアレルギー。アレルギー・免疫 7: 32-37、2000
- 2) 高鳥浩介、秋山一男、他：アレルギー関連真菌。真菌誌35: 409-414、1994
- 3) 秋山一男：真菌と呼吸器アレルギー疾患。臨床と微生物 20: 192-198、1993
- 4) 高鳥浩介：真菌の生態。生物の科学・遺伝53: 19-23、1999
- 5) K Ara, M Aihara, et al: Survey of fungal

- contamination in ordinary houses in Japan. *Allergology Intnatl* 53: 369-377, 2004
- 6) Takatori K, Ohta T, et al: Composition of the housedust mycoflora in Japanese houses. *Health Implication of Fungi in Indoor Environments* (Samson RA ed): 1-8, Baarn, 1992
- 7) 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
- 8) Park J-C, K Takatori, et al: Determination of a favorable medium for detection of fungal extracellular protease. *Biocontrol Sci* 2: 91-95, 1999
- 9) Lee H-J, K Takatori, et al: A plate method for detection of extracellular protease of *Alternaria*. *Jpn J Antibac Antifungal Agents* 24: 457-460, 1996
- 10) Notermans & P S S Soentoro: Immunological relationship of extracellular polysaccharide antigens produced by different species. *Antonie van Leeuwenhoek* 52: 393-401, 1986