

住環境空気中の真菌分布特性に関する研究

Studies on the Fungal Distribution and Characteristics in Dwelling air Environments

9940448 水ト 慶子

1. はじめに

住環境中には多くの真菌が存在しており、環境差により分布する真菌は異なることを報告してきた^{1,2)}。その結果からさらに住環境空気中に分布する真菌の粒径分布を検索し、各分級での検出頻度、分布真菌の同定を行った。そして主要真菌である *Penicillium* の環境分布特性を把握することを目的として *Penicillium* 種の持つ生物学的特性について基礎研究を行った。

2. 方法

2.1 サンプラーによる真菌数(CFU)測定

【調査条件】

神奈川県海老名市一戸建て住宅和室 (13m²) の中央部にサンプラーを設置した。1999年5月~2000年4月の1年間、各月連続する約7日間、計81回測定を行った。

【測定方法】

フィルター口径が 10 μm 以上 (PM₁₀)、2.5~10 μm (PM_{2.5~10})、2.5 μm 以下 (PM_{2.5}) のフィルターを小型分級サンプラーに設置し、各月 24h/回、計 7 回測定を行った。実施後速やかにフィルターを取り出し、真菌培養を行った。

2.2 *Penicillium* の生物学的特性

【供試菌】

供試 *Penicillium* 及び *Eupenicillium* 種は、空中真菌調査の際に分離された主要な 10 種とした (以下全て番号で表す)。

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| ① <i>P. oxalicum</i> | ⑥ <i>P. digitatum</i> |
| ② <i>P. velutinum</i> | ⑦ <i>P. citreonigrum</i> |
| ③ <i>P. citrinum</i> | ⑧ <i>P. aurantiogriseum</i> |
| ④ <i>P. viridicatum</i> | ⑨ <i>P. implicatum</i> |
| ⑤ <i>P. purpurogenum</i> | ⑩ <i>E. brefeldianum</i> |

【測定方法】

住環境中で *Penicillium* が多い原因を考慮した際、器材の水分活性、乾燥状態、発生環境等が重要であると考えられる。そのため基礎実験として以下の試験を行った。

- | | |
|--------------|----------|
| 1) 水分活性試験 | 6) pH 試験 |
| 2) 発育温度試験 | 7) 拮抗試験 |
| 3) 酵素活性試験 | 8) 薬剤試験 |
| 4) 耐乾性試験 | 9) 紫外線試験 |
| 5) 蛋白質定量測定試験 | |

3. 結果及び考察

3.1 サンプラーによる CFU 測定

捕集された室内空気中の主要真菌の検出頻度を Table 1 に示す。*Penicillium*、*Cladosporium* が圧倒的に多く、続いて *Aspergillus*、Yeasts などが検出された。特に *Penicillium* は PM_{2.5~10} では 59 回検出された。

Table 1: 真菌検出頻度結果 (／81 回)

Fungi	PM ₁₀	PM _{2.5~10}	PM _{2.5}
<i>Penicillium</i>	23	59	36
<i>Cladosporium</i>	31	48	26
<i>Aspergillus</i>	11	30	10
Yeasts	11	19	10
<i>Alternaria</i>	17	3	0
<i>Trichoderma</i>	0	2	5
<i>Fusarium</i>	2	1	1
<i>Acremonium</i>	2	2	1
<i>Arthrinium</i>	0	4	2
<i>Botrytis</i>	2	1	2
放線菌	0	2	2
<i>Mycelia</i>	10	10	9

(1999年5月~2000年4月)

3.2 *Penicillium* の生物学的特性

Aw 試験及び発育温度試験結果より、ほとんどの *Penicillium* 種では Aw0.93 前後、温度 25°C 付近で発育良好であることがわかった。

また、Aw 試験と耐乾性試験を比較したところ、①、②、④、⑤のように高い Aw でしか発育しない種が耐乾性試験においても早期に死滅し、逆に③、⑧、⑨のように低 Aw でも発育可能であった種は、耐乾性試験でも比較的長期間生息できるという傾向が見られた。このことから両者には関連性があることが推測された (Tables 2 and 3)。

Table 2 発育可能 Aw 範囲

① 0.84~0.95	② 0.87~0.95	③ 0.79~0.95	④ 0.84~0.95
⑤ 0.87~0.95	⑥ 0.84~0.95	⑦ 0.79~0.95	⑧ 0.79~0.95
⑨ 0.79~0.95	⑩ 0.87~0.95		

Table 3 耐乾性試験における不活性日数

(生存率 0.01% 以下になるのに要した日数)

① 14日	② 14日	③ 45日	④ 21日
⑤ 21日	⑥ 21日	⑦ 14日	⑧ 45日
⑨ 90日	⑩ 90日以上		

Aw 試験においては低 Aw では菌糸が異常膨腫しているものが見られた(Photo.1)。これは真菌が低 Aw に抵抗して、生き続けようとした結果起こった老化といえる。pH 試験においても時間が経過するに従って、発育活性の低下する傾向を認める種があった。真菌は発育していく中で、永久的に胞子を産生するという事は考えにくく、菌糸から分生子柄、さらにペニシリを形成し、胞子を産生する過程の間に老化していくとされているが、本研究においてもそのことが証明されたといえる。



Photo.1
P.citrinum
(Aw:0.79)

住環境中には、さまざまな基質が存在する。そこへ真菌が入り込み酵素分解させることによって基質は真菌により汚染され劣化することが予想されるが、pHシフトの結果より(Table 4)汚染過程において真菌が最適なpHに自身を変化させるという傾向が見られた。発育が難しい強酸、強アルカリ部分でも真菌が発育できるのは、有機酸、アルカリ成分を酵素によって分解し、pHシフトを行った結果であると考えられる。

Table 4 発育至適pH(pHシフト結果参考)

① pH3	② pH5	③ pH8	④ pH5	⑤ pH5
⑥ pH6	⑦ pH7.5	⑧ pH6.5	⑨ pH3.5	⑩ pH8

Table 5 酵素活性試験結果

	プロテアーゼ	セルラーゼ
①	±	++
②	-	+
③	++	+
④	+	+
⑤	-	+
⑥	±	++
⑦	-	++
⑧	++	++
⑨	++	++
⑩	-	-

++ 強陽性
+ 陽性
± 弱い
- なし

酵素活性試験では *Penicillium* は少なくともプロテアーゼ活性、セルラーゼ活性が認められる種があることが判明した(Table 5)。また、拮抗試験においては *Penicillium* 種間で発育拮抗性に優劣順位があることが明らかとなった。その中でも③が供試10種の中では最も強いという結

果となったが、③はプロテアーゼ活性も強いことが明らかとなった。プロテアーゼは、活性能が基質に強く影響するため真菌汚染の最大要因である。③は環境中において優先的に見られるが、この理由の一つとしてプロテアーゼ活性、真菌拮抗性が強かったことが関係していると予想された。

薬剤抵抗性、紫外線抵抗性においては薬剤及び紫外線の曝露時間を増加させることによって真菌の死滅が可能であったことから両者の利用は有効であるといえる。供試10種の中では⑩が次亜塩素酸ナトリウムと紫外線に強い抵抗性を示した。⑩は他の *Penicillium* と異なり、胞子が有性的に産生されるため、細胞透過性が悪く、ダメージを受けにくかったことが理由として考えられる。しかしいったん基質内に侵入した菌糸は形態変化などにより殺菌が困難になるとされており³⁾、薬剤を使用しても完全に真菌を排除することは難しいと考えられる。また真菌によって建材・土木資材などの強度、機能の低下・失効を引き起こす場合もある。しかし建築材料の Aw も様々であり、かつ薬剤にも長所、短所があるため、数種類の薬剤を配合するなど目的に応じた薬剤を選ぶ必要がある。

4. まとめ

主要真菌分布をみたところ、*Penicillium* が最も多く、次いで *Cladosporium*、*Aspergillus* などが検出された。さらに、多く検出された *Penicillium* 種の代表的な10種について生物学的特性を比較したところ以下の結論を得た。

1) *P. oxalicum* (①) などのように Aw と耐乾性に関連性がある種がほとんどであった。2) *P. citrinum* (③) はプロテアーゼ活性、真菌拮抗性が強かった。3) *Penicillium* の中でも高等な *Eupenicillium brefeldianum* (⑩) は耐乾性、薬剤、紫外線などに強い抵抗性を示した。

本研究結果より *Penicillium* は、種によって生物学的特性が異なることがわかった。そのためそれぞれの環境に応じた種が特異的に分布する可能性が示唆された。

【謝辞】本研究を実施するにあたり国立医薬品食品衛生研究所 高鳥浩介先生のご指導、ご助言を得た。記して謝意を表す。

【参考文献】1) 相原真紀ら: 防菌防黴, 28, 3-8 (2000), 2) 木村千暁, 水ト慶子: 住宅の室内浮遊真菌に関する研究, 平成9年度卒業論文 (1998), 3) 高鳥浩介: 食品と微生物 (4) 62-66 (1987), 【発表状況】1) エアサンプラーの性能比較, 第17回空気清浄協会大会, 1999. 4 (東京), 2) 住宅における室内浮遊真菌の動態調査及びその測定法に関する研究, 第51回日本家政学会大会, 1999. 5 (名古屋), 3) 住環境にみる *Penicillium* の生物学的特性, 日本防菌防黴学会第27回年次大会, 2000. 5 (東京), 4) 住環境大気中の主要真菌, 特に *Penicillium* (アオカビ) 分布と *Penicillium* の生物学的特性, 平成12年度空調和衛生工学会学術講演会, 2000. 9 (盛岡), 5) ISOにおけるカビの試験方法—カビによる人体と建物への影響—: 月刊建築仕上技術 (2000.11) (指導教官 田中 辰明)