

【報文】

好乾性カビをバイオセンサーとする室内環境評価法

阿部 恵子

A Method for the Numerical Characterization of  
Indoor Environment by a Biosensor  
Using a Xerophilic Fungus

Keiko ABE

*Institute of Environmental Biology JDC Corporation  
4036-1 Nakatsu Aikawa-Cho, Aikou-Gun Kanagawa, 243-03, Japan*

Fungal Index is proposed as a new parameter to characterize the indoor environment. The index quantifies the environmental capacity to grow fungi by means of the growth response of a xerophilic fungus *Eurotium herbariorum*, used as a biosensor. A test piece, containing the sensor and some nutrients, was devised. When this piece was set in place for a period of one week, the sensor responded to the climate at that place in terms of germination behavior and subsequent hyphal-growth of the spores. The growth response of the sensor was found to be dependent upon the indoor climate, so the individual climates could be numerically described. The indoor environment in a residential building in Japan (1991 to 1992) was quantitatively assessed. In the assessment, the distribution of micro-climates, which differ greatly within and between rooms, could be shown numerically. Using the index values and their distribution pattern, we can readily determine the places where fungi would multiply and take countermeasures to suppress fungal growth.

(Received June 3, 1993)

**Key words :** Xerophilic fungus (好乾性カビ)/Indoor climate (室内気候)/Assessment of indoor environment (室内環境評価)/Biosensor (バイオセンサー)/Fungal Index (カビ指数)

緒 言

従来から、空気中、例えば室内空気のカビによる汚染を測定する方法として落下菌測定法やエアサンプラー法が知られている<sup>1,2)</sup>。これらの方法はいずれも、空中浮遊菌を培地に付着させて培養し、生育するカビの数と種類を調べる事でその空気のカビによる汚染状態を提示するものである。従って、従来法は室内空間の微生物汚染の状態を示すもので、本報で提示する環境評価法とは全く異なるものである。

近年、建築物に対し、アルミサッシ及びコンクリートや合成パネル等の非通気性建材を用いて、室内冷暖房の向上を図る密閉工法が普及してきた。さらに、冬期にお

いては様々な暖房器具および加湿器が広く使用されるようになり、これらの建築物の室内は年間の長い期間にわたり暖かく、しかも多湿な環境を保つことが多くなっている。このような室内の環境はカビの増殖を促し、増殖したカビは室内空気を汚染し喘息や鼻炎等のアレルギー性疾患の誘因となる<sup>2,3)</sup>。カビによる有害作用はカビの増殖(生育)初期またはその胞子の僅かな量が空中に浮遊している間は感知できず、肉眼で確認できる程度まで増殖するか、あるいはアレルギー症状を起こしてはじめて気が付く。したがって、予防も困難で対策は遅れがちとなる。

室内の気候(物理的空気環境)因子である温度及び相

対湿度 (RH) は、建物のあらゆる箇所では均一ではなく、かつ時間経過とともに変動する。また、同一室内も同様で、部分的に異なる気候から構成されている。一方、カビは環境とその持続時間に依存した生育 (応答) を示す。カビをバイオセンサーとし、その生育、すなわち環境に対する応答状態、を各小空間部分毎に定量的に示すことができれば室内の空気環境を部分により異なる小気候の分布として評価し、さらに経時的変化も評価できる。本研究で、環境をセンサー (カビ) の応答状態から数値化する「カビ指数」を提案し、これを室内気候の評価に適用した。

## 材料と方法

### 1. 微生物

神奈川県横浜市の、住宅内及び戸外で、YS-70寒天平板培地 (培地100ml 当り酵母エキス 1g, 蔗糖70g および寒天 2g を含む) 上に落下した菌、約600株を分離した。分離菌株の胞子を25°Cの、NaCl 飽和塩溶液で調湿した湿室 (後述) 中で培養し、1週間で胞子発芽および菌糸伸長が認められた好乾性カビを188株分離した。分離した好乾性カビの胞子を栄養源と共に RH を調節した湿室中に入れて培養し、RH が75から93%の培養では胞子発芽率が30%以上で、培養時の RH により発芽率が影響されず、胞子発芽および菌糸伸長が同調的に進行する株をスクリーニングし、18株を実験材料に選んだ。これらの野生株18株 (*Aspergillus* sp. 11株 (J-15, J-43, J-56, J-72, J-76, J-77, J-78, J-83, J-162, J-163, J-169), *Eurotium* sp. 6株 (J-2, J-3, J-10, J-26, J-46, J-183), *Walleimia sebi* 1株 (J-155)), および、保存株10株 (好乾性カビ 2株 (*Aspergillus penicilloides* IFO 8155, *Eurotium tonophilum* IFO 6529) および、非好乾性カビ 8株 (*Aspergillus niger* IAM 3001, *Aspergillus niger* IAM 3002, *Aspergillus flavus* IAM 3003, *Aspergillus terreus* IAM 3004, *Penicillium citrinum* IAM 7316, *Rhizopus nigricans* IAM 6072, *Mucor spinescens* IAM 6071, *Cladosporium cladosporioides* IFO 6348)) を、室内気候を評価するためのセンサーの候補菌とした。

分生胞子及び胞子嚢胞子の着生・分離のための前培養は、好乾性カビはYS-35寒天平板培地 (培地100ml 当り酵母エキス 1g, 蔗糖35g及び寒天 2gを含む)、非

好乾性カビはYS-1寒天平板培地 (培地100ml 当り酵母エキス 1g, 蔗糖 1g及び寒天 2gを含む) に接種し、20°Cで2週間培養とした。寒天平板上に着生した胞子は胞子懸濁用培地 (培地100ml 当りゼラチン0.5g及びブドウ糖0.5gを含む) に懸濁し、2,500回転5分の遠心分離で集め、滅菌蒸留水で3回洗浄した。

### 2. 空気環境調査用テストピースの作成

- (1) 分離した胞子を胞子懸濁用培地に $10^6$  spores/ml となるように懸濁する。
- (2) 無色透明のプラスチック板 (8×20mm または26×76mm, 厚さ0.5mm) またはプラスチックシャーレの蓋 (直径92mm) の裏側に、この胞子懸濁液を1滴 (約2マイクロリットル) 接種する。
- (3) 室温1時間の風乾後5°Cシリカゲル上で24時間以上乾燥、そのまま保存する。保存は2ヶ月間可能である。

胞子は培地と共にプラスチック板に張り付き、培地は直径約3mmのスポットとなる。この胞子付きプラスチック片をテストピースと呼ぶ。

### 3. 環境評価用センサーの選択

センサー候補菌の28株全部を接種したテストピース (プラスチックシャーレの蓋) を、1990年5月から1991年2月まで、1週間毎の計43回、横浜市の神奈川大学構内の鉄筋コンクリート建物室内5箇所 (生物実験室、図書室、資料保存室3室) と戸外2箇所 (一階東側軒下、屋上中庭に面した軒下)、及び、鎌倉市の鉄筋コンクリート建物東側軒下の、計8箇所に設置した。7日間の設置期間における各菌株の各環境に於ける生育応答状態を顕微鏡観察し、全調査環境に対して最も応答能の高い菌株を環境評価用のバイオセンサーに選んだ。

### 4. RH の調節

RH の調節には密閉容器内に飽和塩溶液<sup>4, 5)</sup> 又はグリセリン溶液<sup>6)</sup> を入れ、平衡状態にする方法を用いた。湿室として直径90mm 内側の深さ17.4mm のプラスチックシャーレを用いた。湿室を図1に示す。シャーレの底に36mm×39mm 高さ12.2mm のプラスチック角型容器 (蓋なし) をグリースで留める。シャーレ内の角型容器の外側にそれぞれの飽和塩溶液10ml 及び同じ塩の結晶12gをいれ、角型容器の上に厚さ1.2mm のスライドガラスをグリースでとめる。グリセリン溶液を用いる場合はシャーレ内の角型容器外及び内にそれぞれ15ml 及び5ml ずつ入れる。シャーレの蓋にはテスト

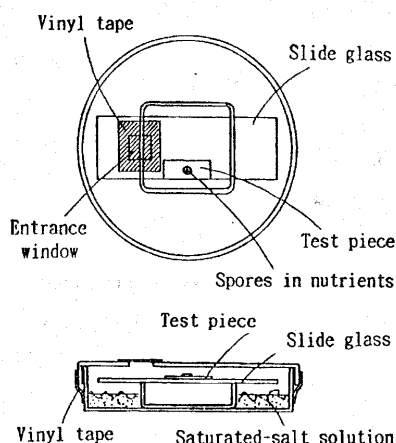


Fig. 1. Schematic representation of a moisture chamber.

ピース (8×20mm) を入れる為の入り口 (10mm 角) を設け、ビニールテープで封をする。こうして作ったシャーレの湿室は24時間以上設定温度のインキュベーターに入れ平衡させる。培養の開始時には、シャーレの蓋に設けた入り口を塞いでいたビニールテープを剥して湿室中のスライドグラス上にテストピースを載せ再びビニールテープで入り口に封をする (手早く操作)。塩による調湿はグリセリンによる調湿より安定しており長期間用いても RH の変化が無い。しかし、塩による調湿は低温部では調湿される RH が高くなり、グリセリンによる調湿のほうが温度による RH の違いが少ない<sup>5, 6)</sup>。

##### 5. センサーの環境応答 (菌糸長) 測定及び標準曲線の作成

25℃, 飽和 KNO<sub>3</sub> 溶液で調湿した湿室内 (RH 92.4<sup>4)</sup> または 93.6%<sup>5)</sup>) の空気環境を基準気候とした。基準気候におけるセンサーの生育応答を調べるため、KNO<sub>3</sub> 湿室, にテストピース (8×20mm) を入れ、25℃で培養した。基準気候下の培養 0 から 17 時間はピースを湿室にいたまま、ピース上の孢子を含む培地 (スポット) のエッジとその近傍を対物レンズ 10 倍, 中間レンズ 5 倍で 1 時間毎にシャーレ湿室の外側から写真撮影した。それぞれの時刻に孢子から出芽した菌糸長及びスポットのエッジから外側に伸長した菌糸長を測定した。培養 17 時間から 28 時間は測定時刻それぞれにつき 10 個のスポットで, 1 個のスポットにつき 2 視野ずつを対物レンズ 4 倍, 中間レンズ 5 倍の顕微鏡で写真撮影し, エッジから外側に伸長した菌糸長を測定した。各スポッ

トのエッジから外側に伸長した菌糸長は, 写真中央部分に撮影されたスポットのエッジ幅 1,000 μm 相当を横切って伸長している菌糸のうち最も長い菌糸から 2, 3 及び 4 番目に長い菌糸でエッジから先端までの長さを測定し, その平均を求めた。10 個のスポット計 20 枚の写真について測定して平均値を求め, これをその培養時刻の菌糸長とした。培養 2 日から 7 日はノギスでエッジから菌糸先端までの距離を測定した。培養時刻による菌糸長変化から菌糸伸長曲線を作成し, 基準気候における菌糸伸長曲線を標準曲線とした。

##### 6. カビ指数の定義と測定

空気環境をカビに対する影響力 (カビを育てる能力) で表現し数値化したものをカビ指数 (Fungal Index) とする。カビ指数は, センサー (カビ) の環境応答 (生育) を用いて, 調査される環境 1 週間の小気候を基準気候との比較で表すものである。すなわち, 測定環境 (調査される環境) 下 1 週間の環境応答 (センサーの生育) を, 基準気候下における環境応答で相対値として表す。その実施方法は, 以下の通りである。

測定環境下一定期間におけるセンサーの生育 (菌糸長) を測定, まず, その値が基準気候下における生育 (標準曲線) の何時間に相当するかを調べる。次に, 測定環境 1 週間当たりの生育が, 基準気候下における生育の何時間に相当するか換算し, 得られた時間数 (1 週間当り) を「カビ指数」と定義する。例えば, 測定環境下に 1 週間設置したテストピース中のセンサーの菌糸長が, 標準曲線上の 16 時間に相当すれば, その環境のカビ指数は 16 であり, 測定環境下 4 週間の菌糸長が標準曲線上の 16 時間に相当すれば, その環境のカビ指数は 4 である。また, 測定環境下 1 日の菌糸長が標準曲線上の 16 時間に相当すれば, その環境のカビ指数は 112 である。

##### 7. 温度及び RH のカビ指数に与える影響

カビ指数に及ぼす気候因子 (温度及び RH) の影響を調べるため, 設定温度を 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 及び 40℃ とし, 設定 RH を広域調湿の出来るグリセリン調湿下 70, 75, 80, 85, 90, 95, 及び 100% とした。それぞれを組み合わせた温度及び RH の気候下にテストピースを入れ, 1, 2, 4, 7, 14 及び 30 日間, 各設定気候下で培養した。温度 25℃ については塩調湿を併用し, 調湿塩として KNO<sub>3</sub> の他に, KCl (RH 84.2<sup>4)</sup> または 84.3%<sup>5)</sup>), KBr (RH 80.7%<sup>4, 5)</sup>), NaCl (RH 75.2<sup>4)</sup> または 75.3%<sup>5)</sup>) および SrCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O (RH

70.8%<sup>4)</sup>)を用いた。各設定気候条件下で培養したスポットの数は、各時刻に付きグリセリン調湿では3個、塩溶液調湿では10個である。

#### 8. カビ指数の実施調査

1991年10月から1992年3月まで、1週間毎に伊勢原市の集合住宅1階の室内及び軒下でカビ指数の実施調査をした。カビ指数実施調査には、調査地点に26×76 mmのテストピース(スポット数3個)を吊り下げ、1週間後に回収、すぐにシリカゲル上で乾燥し、5℃シリカゲル上で保存した。乾燥保存中の菌糸長変化は極めて少ないので順次顕微鏡写真をとり調査地点1週間のカビ指数を調べた。

### 結 果

#### 1. センサー候補菌の環境応答とセンサーの選択

センサー候補菌の各種空気環境に於ける生育(環境応答)調査の一例として、鎌倉市戸外の1990年5月から

8月の1週間毎の各候補菌の生育状態を表1に示す。生育状態は-, +及び++の記号で表し、それぞれ、発芽が認められない、発芽あり菌糸長が100μm未満、発芽あり菌糸長が100μm以上、とした。表1を見ると、好乾性のカビが応答能が高く、その中で、J-183株が5月から8月までの16週中15週で生育を示し、最も高い環境応答能を示した。同菌株は、全調査期間43週中23週で生育し、年間を通じて、また他の調査箇所においても同様に最も高い環境応答能を示した為、以後の環境評価のセンサーをJ-183株とした。

J-155株もJ-183株と同様に空気環境に対する応答能は高いが、胞子着生までの期間が短く、菌糸が短いうちに生活史を完了するため、菌糸の長さからカビ指数をもとめる本方法でのセンサーとしては適さなかった。

J-183株は、神奈川大学の構内(6号館の屋上)で筆者が分離した株で、財団法人日本食品分析センターで *Eurotium herbariorum* と同定された。

Table 1. Submitted strains for the biosensor, and their growth response to environment in one week at the climate in Kamakura

Strains	Initiation date of incubation															
	May			June			July			August						
	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	26	2	9	16	23
Xerophilic fungi																
<i>Asp. penicilloides</i> IFO 8155	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-15</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-43</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-56</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-72</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-76</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-77</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-78</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-83</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-162</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-163</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Asp. sp. J-169</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. tonophilum</i> IFO 6529	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-2</i>	++	+	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-3</i>	++	+	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-10</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-26</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-46</i>	++	-	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Euro. sp. J-183</i>	++	+	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
<i>Wallemia sebi</i> J-155	++	+	-	+	++++	++++	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	+	+
Non-xerophilic fungi																
<i>Asp. niger</i> IAM 3001	+	-	-	-	+	++	-	+	++	-	+	+	-	+	+	-
<i>Asp. niger</i> IAM 3002	+	-	-	-	+	++	-	+	++	-	+	+	-	+	+	-
<i>Asp. flavus</i> IAM 3003	-	-	-	-	+	++	-	+	++	-	+	+	-	+	+	-
<i>Asp. terreus</i> IAM 3004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. cladosporioides</i> IFO 6348	++	+	-	-	++++	+	-	++	++	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pen. citrinum</i> IAM 7316	++	+	-	-	++++	+	-	++	++	+	-	-	+	-	-	-
<i>Rh. nigricans</i> IAM 6072	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Mucor spinescens</i> IAM 6071	+	-	-	-	+	+	-	-	+	++	-	-	-	+	-	-

- : no germination

+ : hyphal length < 100 μm

++ : hyphal length ≥ 100 μm

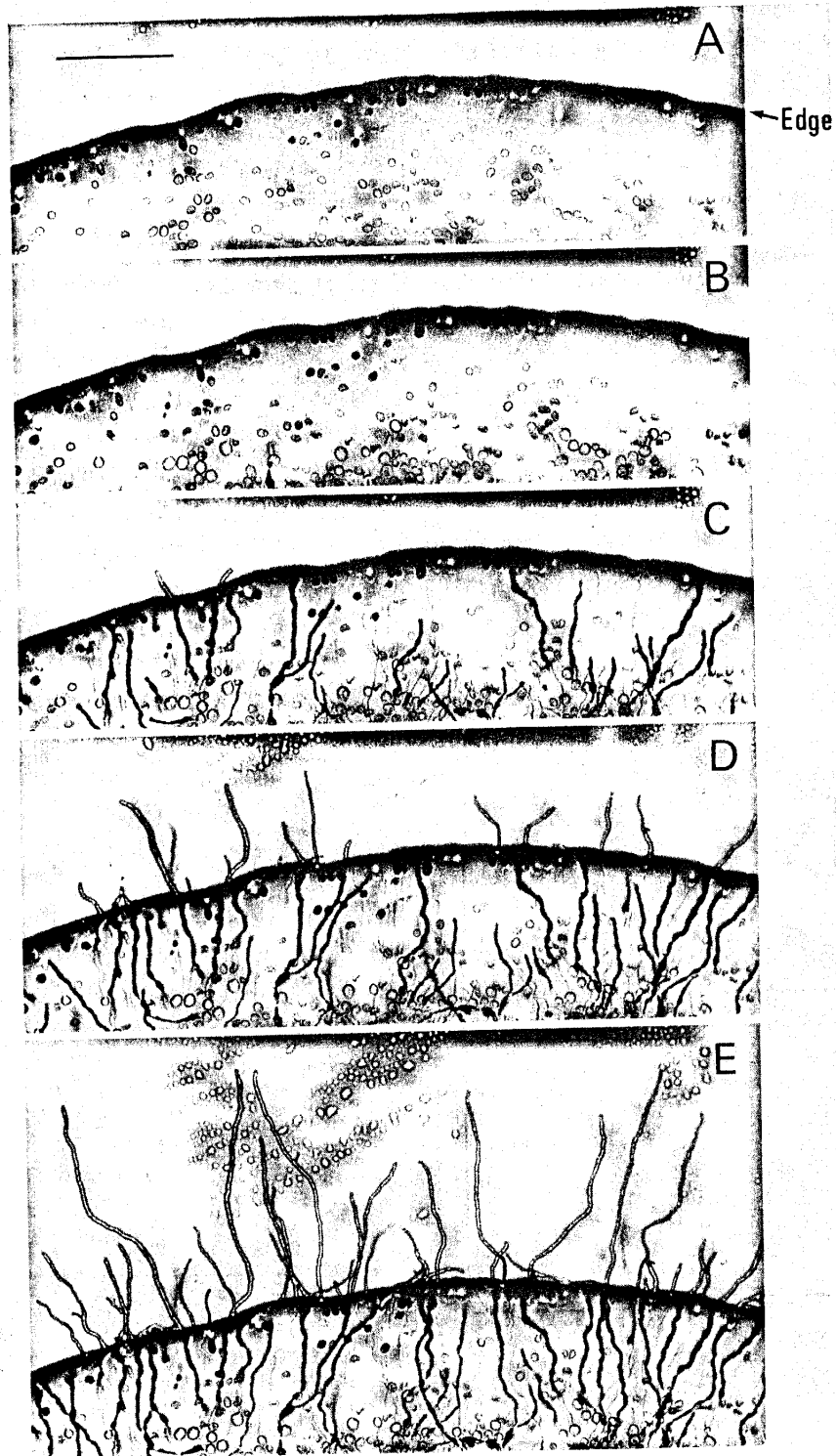


Fig. 2 . Typical time-lapse micrographs of a sensor microorganism *Euro. herbariorum* J-183. Spores of J-183 dispersed in nutrient were incubated in the moisture chamber in which RH was controlled by saturated  $\text{KNO}_3$  solutions at  $25^\circ\text{C}$ . Incubation periods (A, B, C, D, and E) were 0, 8, 12, 14, and 17 h. Bar:  $100\ \mu\text{m}$ .

## 2. センサー *Eurotium herbariorum* J-183株の、基準気候における環境応答（菌糸伸長）および標準曲線の作成

基準気候下で、栄養分が充分与えられたセンサー孢子（テストピース中の J-183株）を1時間毎に写真撮影すると、培養6から7時間の間で発芽、11から12時間の間で菌糸がスポットのエッジから外側へ伸長するのが認められた。図2に基準気候下の培養0から17時間の典型的な生育の一例を示す。同一視野で、上から培養0, 8, 12, 14および17時間である。

図3に基準気候におけるセンサー J-183の菌糸伸長曲線（標準曲線）を示す。(A)は孢子発芽直後でスポット中の菌糸長を、(B, C)はスポットのエッジから外側へ伸長した菌糸長と培養時間との関係を示す。菌糸伸長曲線の0~17時間は、図2で一部を示した基準気候下の培養各時刻での菌糸長の長い方から2, 3及び4番目の長さの平均値で、17時間以後は測定時刻それぞれにつき10個ずつのスポットの写真から求めた平均値であ

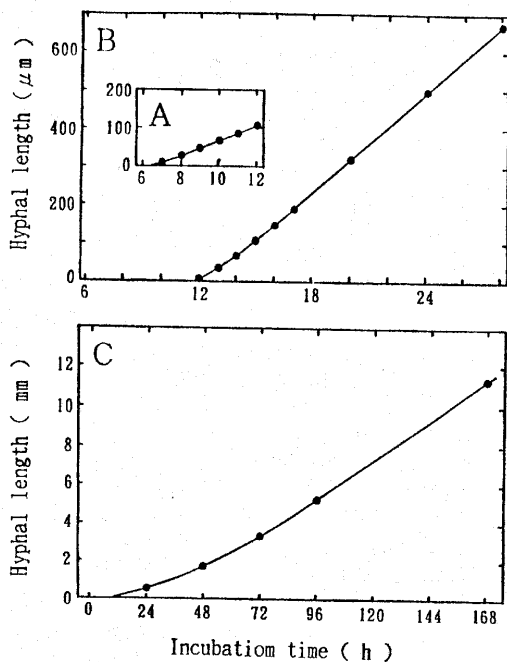


Fig. 3. Hyphal extension curve of the sensor J-183 in the standard climate: Standard curve. Spores of J-183 were incubated under the standard climate. A: The length of the hyphae which emerged from the spores in the area inside the spot (spore dispersed medium) in the test piece. B and C: The hyphal length extended from the edge of the spot in the piece.

る。17時間における菌糸長は図2で一部を示した培養における値と10個のスポットから求めた値が一致していた。菌糸伸長速度は、発芽後7~12時間培養では20 μm/h, 13~16時間培養では35 μm/h, 17~28時間培養では45 μm/hとなり、発芽直後のスポット（培地）中の短い菌糸とスポットのエッジから外側に伸長する菌糸では、伸長速度が異なった。

## 3. カビ指数の気候因子（温度及びRH）依存性

温度及びRHのカビ指数に与える影響を、温度は0℃から40℃, RHは70%から100%までの組み合わせでJ-183株をセンサーとしたカビ指数として図4のクリモグラフ（気候図 climograph）に示す。図中の数字がカビ指数で、7, 20, 40, 80及び160の等高線を示す。SCは基準気候で、カビ指数は168 (24×7)である。シンボルはそれぞれの設定温度・RHの気候下の培養でセンサーの孢子発芽が認められた日数を示し、“●□▲”はそれぞれ発芽が1日、2~7日及び8~30日で認められた事を示す。“-”は30日間培養で発芽が認められなかった事を示す。カビ指数は温度25℃, RH95%で最も高い値179を示した。

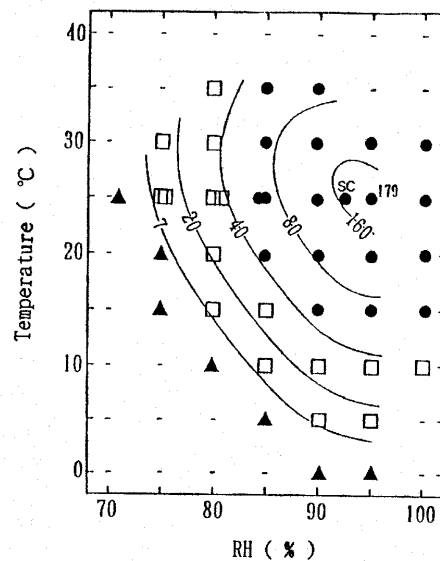


Fig. 4. Climograph of Fungal Index. (Sensor: J-183) The Fungal Index in each climate was estimated by the hyphal length extended from the spot, in which spores of the sensor J-183 were contained. The Fungal Index were shown as the numerals with contour lines in the figure. Symbols ●, □, ▲ and “-” indicate germination within 24h, 2 to 7 days, 8 to 30 days and no germination at 30-day incubation, respectively. SC indicates standard climate.

図5に温度25°Cにおけるカビ指数とRHの関係を、図6にRH95%におけるカビ指数と温度の関係を示す。25°CにおけるRHとカビ指数の関係はグリセリン調湿と塩調湿で一致し、調湿法によりカビ指数が変わる事は無かった。カビ指数は、温度10から20°Cの間では、5°Cの温度上昇で約2倍となり、RH80から90%の間では5%のRH上昇で約2倍の関係になっていた。カビ指数は気候(温度とRH)に依存することから、空気環境評

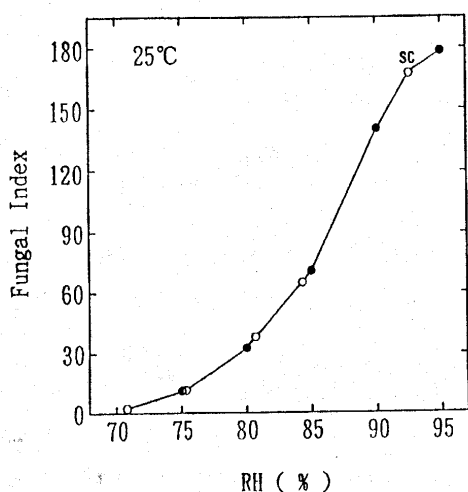


Fig. 5. Effect of relative humidity on the Fungal Indexes at the temperature 25°C. (Sensor: J-183) Symbols ○ and ● indicate incubation under RH-controlled conditions by saturated salt solutions and under glycerin solutions, respectively. SC indicates standard climate.

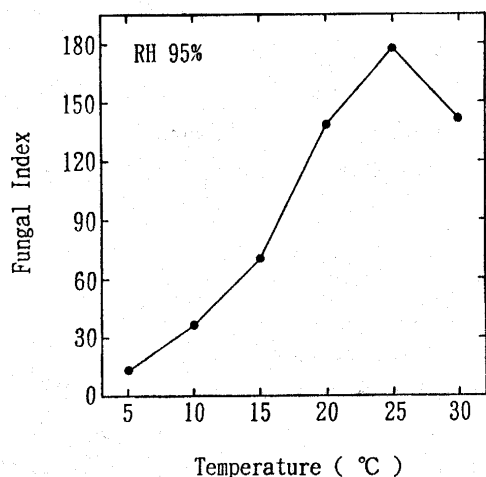


Fig. 6. Effect of temperatures on the Fungal Indexes at the relative humidity 95%. (Sensor: J-183)

価のパラメーターに利用できるかと判断した。

#### 4. 住居内のカビ指数

図7に神奈川県伊勢原市の集合住宅1階の1戸内の間取りと測定地点及び各測定部分の、J-183株をセンサーとした時のカビ指数の一例(1991年10月1日から1週間の調査)を示す。矢印は測定地点を示し、□の中の数字は室内の床上30cm、○の中の数字は軒下30cmの位置のカビ指数である。調査地点の中では、北側及び東側の2面が外壁に面した部屋のコーナー部分で最も高いカビ指数を示した。北側の部屋、玄関及びトイレの外壁に近い空間部分が戸外よりもカビ指数が高くカビが生育しやすい室内気候であったことがわかる。南側の2面が外壁に面したコーナー部分がややカビが生育し易く、外壁に接していない部分が最もカビが生育しにくい。10月から3月までの冬期の調査期間中、常に同様の傾向を示し、得られた結果は、一般に言われている、「北側の外壁に面した部分がカビ汚染され易い」という指摘と一致

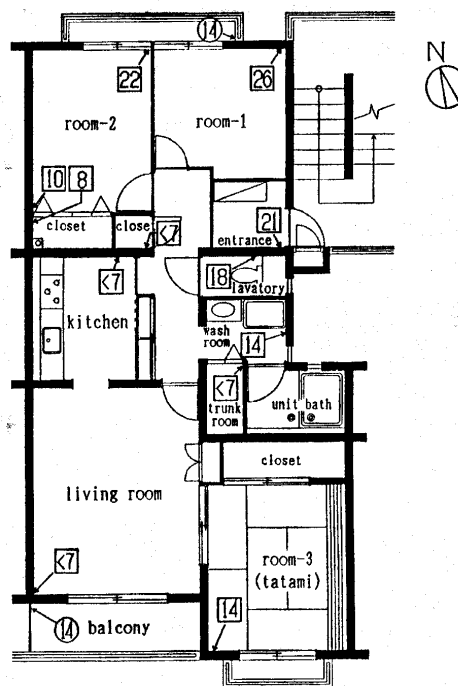


Fig. 7. Fungal Indexes in an apartment in Isehara -City, Kanagawa-Ken. (Sensor: J-183) Arrows indicate the places where the test pieces were set, and the numerals indicate Fungal Indexes determined in 7 days (October 1st to 8th, 1991) at the places.

した。テストピースの採用で、カビ汚染の可能性の高い部分（箇所）を検出できるものと思われる。

## 考 察

### 1. 環境評価法としてのカビ指数

ここで述べたカビ指数による表示法は特定箇所の空気環境のカビに与える影響力すなわち、調査環境のカビを育てる力を、基準気候との比較で示すものであり、その箇所のカビによる汚染の可能性を表す環境評価法として利用できる。

多くのカビは分生孢子や孢子嚢孢子等の無性孢子を形成し、無性孢子の発芽→菌糸伸長→無性孢子の着生、という無性的な生活史を持つ。室内の一部分でカビ汚染が肉眼的に認められる場合、その箇所の部分的な気候がカビ生育に適した範囲にあり、その箇所で、カビ生育の引き金が引かれ、孢子発芽、菌糸伸長そして孢子着生に至る一連の不可逆的な生活史が進み、カビが眼に見える程度まで増殖した事を示している。カビの分生孢子をゼラチンと葡萄糖を含む培地中に懸濁し、この懸濁液をプラスチック板上に接種、乾燥させて作ったテストピース上の分生孢子は、ピースを設置した箇所の小気候に応じて様々な速さで生育し、その到達した生育状態からカビ指数が求められる。生きているカビを空気環境のセンサーとして、一定期間（1週間）におけるカビ生育状態からカビ指数を表す事で、測定期間中の環境変動の影響も含めた、空気環境のカビに対する影響力を見積る事が出来た。

### 2. 室内環境センサーとしての *Eurotium herbariorum* J-183株

好乾性カビ *Eurotium herbariorum* J-183株は表1からも明かなように、気候に対し高感度で応答し、一般的な居室内気候を評価するためのセンサーとして適している。本菌株を環境のセンサーにすることにより、一般のカビ（非好乾性のカビ）が生育出来ないRH環境、即ちRH70%から80%の範囲を検出でき、しかも一般のカビの生育に適したRH95%で最も高いカビ指数値が得られた。また、本菌株は0から35℃の温度範囲で生育可能で、通常の居室内の温度範囲が含まれている事も本菌株が室内環境を評価する場合のセンサーとして適している事を示す。

J-183株は、生育可能な環境条件に移すと、同調的に

発芽および菌糸伸長が起こり、また、本菌の菌糸の伸長は直線的であり、孢子サイズが大きく顕微鏡下の観察が容易であること等もセンサーとしての条件を満たしている。

センサーにJ-183株を用いると、生育が速く発芽にいたるまでの期間が短い為、短期間（1週間）で環境応答を調べることが出来る。最適生育条件に近い、基準気候下で、本菌株は6～7時間で発芽するが（図3）、他の好乾性カビ *Aspergillus penicilloides* あるいは *Aspergillus restrictus* では発芽に16時間以上必要であり、他の環境でも発芽にいたる迄の期間が長い為、調査期間が1週間の環境評価には、これらの菌は適さなかった（未発表）。

J-183株は他の好乾性カビと同様に高RH環境条件下では生育できない。高RH環境領域を評価する場合は、その環境で生育を示す菌株をセンサーに、カビ指数を測定する必要がある。空気環境を広範囲にわたって評価するためには、センサーの種類を増やす事が必要である。

一般に好乾性カビは室内（居間や寝室などの空気中あるいは絨毯中）に戸外よりも多く生息し<sup>7,8)</sup>ダニの餌となる<sup>9)</sup>事が知られているが、これらの事も、一般的な居室内環境調査用センサーとしては好乾性カビが妥当であることを示唆する。

## おわりに

カビ指数の測定により、従来曖昧であったいろいろな場所でのカビの繁殖しやすさを簡単に定量的に調べる事ができる。様々な建築物例えば一般住宅、食品製造工場、病院、学校、美術館あるいは博物館の内部や部屋の隅などの部分的な環境評価がテストピースを設置するだけで可能となり、カビが繁殖する可能性の高い箇所の探索ができる。また、防カビ対策を取り入れた場合の効果もカビ指数を用いて評価する事により、どのような条件の時にどのような防カビ対策が必要となるかを知ることができる。さらに、カビ指数の測定を穀物や果物等の農産物の保存流通過程における、貯蔵施設やコンテナの内部環境評価に適用する事により、ポスト・ハーベットのカビ汚染を予知できる。食料の輸出入が盛んな現在、流通過程でのカビによる汚染可能性のチェックは必要と思われる。



### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、実験にご助力頂きました関口律子様、小菅美咲様、および、ご助言及びご鞭撻を賜りました福井作蔵先生に深謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) Andersen, A.A.: *J. Bacteriol.*, **76**, 471-484 (1958).
- 2) Al-Doory, Y and Domson, J.F. (eds) : *Mould allergy*. Philadelphia, Lea & Fibiger (1984).
- 3) Sakamoto, T *et al.*: *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.*, **90**, 368-372 (1989).
- 4) 春田三佐夫他編：目で見える食品衛生検査法 p132, 中央法規出版(1989).
- 5) ASTM E, 104-85
- 6) ASTM E, 104-51 (Reapproved 1971).
- 7) Hunter, C.A. *et al.* : *International Biodeterioration*, **24**, 81-101 (1988).
- 8) Lustgraaf, B.v.d. : *Mykosen*, **20**, 101-106 (1976).
- 9) Bronswijk, J.E.M.H. van and R. N. Shnha : *Environmetal Entomology*, **2**, 142-145 (1973).