

## 住宅におけるカビアレルギーとその予防に関する研究（梗概）

吉澤 晋

## 1. はじめに

近年、喘息<sup>ぜんそく</sup>その他のアレルギー性疾患が社会的な問題となってきた。その原因としては、食物以外に、大気汚染、ダニ、花粉、カビなど居住環境に関連した多くのものが挙げられているが、特にカビは住宅の断熱性・気密性の向上と生活様式の変化に関連しているものと考えられている。

このような問題の解決には、カビアレルギーの実態、患者の居住環境のカビ汚染の実態、評価方法、成育条件などの研究、被曝量<sup>ひばく</sup>の予測というような、種々の専門的な検討に基づいた総合的対策を実施することが必要である。

本研究は、小児アレルギー疾患とカビについて住宅構造との関連、住宅室内に成育するカビについての調査、成育状況およびその主要なカビの属・種、パッシブ型の測定器の基本特性、カビの成育への壁面の水蒸気圧と結露の影響調査、相対湿度に対する建築材料、畳などにおけるカビの成育速度、およびさらに温度変動を与えたときの成育速度への影響などを調査し、これらの調査に基づいて、住宅室内におけるカビアレルギーの予防対策の提案を行うものである。

## 2. 住宅室内のカビ汚染が人体に及ぼす影響

## 一 小児アレルギー疾患とカビ

## 2-1. はじめに

小児のアレルギー疾患の増加は著しく、その原因、対策についての研究が各方面から進んでいるが、現時点ではカビの問題に言及している報告は少なく、カビに対する特殊な免疫応答に関する研究<sup>x-1)</sup>と、喘息患者に対する皮内テストの結果から、カビの陽性率を報告しているものがみられるのみである。

ところが、小児アレルギー疾患を扱っていて、急増といえるほど、増加した背景を考えたとき、一般的に言われている食生活の変化のみならず、生活環境の変化にも目を向けぬわけにはいかない。特に昔の日本特有の住宅から、鉄筋コンクリートの住宅が急増すると、湿度の多い場所に住む日本人の生活に変化がみえても当然と考え

られるし、むしろ、もっと積極的に取り組むべき問題と考えるべきである。そこで、ここではカビと小児アレルギー疾患について検討を行った結果について報告する。

## 2-2. 鉄筋コンクリートとカビ

我々はまず、新築のアパートに畳を入れてから、毎日、カビの棲息状況について調査する機会を得たのでその結果について報告する。

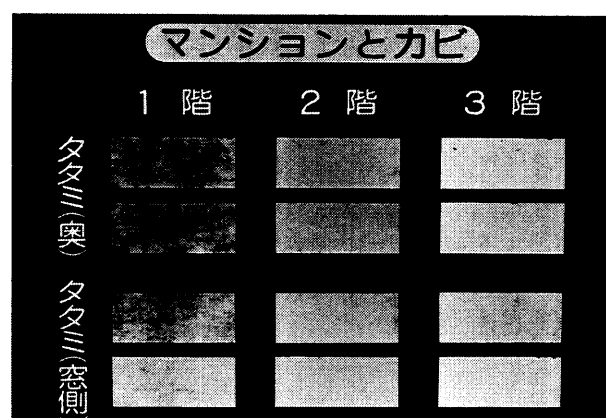


写真2-1 マンションとカビ

カビのスタンプ採取を行った結果は写真2-1のとおりで、1階の部屋は他に比べて早い時期にカビが生えてくることがわかった。調査時期は5月末であったが南側で日当たりの良い場所でも1階は2階、3階と異なり、カビが多かった。また、同じ部屋でも窓側と奥では著しい差が認められた。また、肉眼で7日目に急にカビが目についたが、実際に顕微鏡レベルではもっと以前より沢山カビが生えてきたと推測され驚かされた。この現象とアレルギー疾患の治療を結び付けると極めて興味深い。また、カビの生えやすい環境に住むと、生体にどのように影響するか、今後、重大な課題といえる。

具体的には、小児喘息、アトピー性皮膚炎患児で鉄筋の1階に住む子供は治りにくい例が多いことから裏付けられる。治療を行っても治りにくいケースに対し、臨床医は誰しも反省し、検討をし直すことが必要であろう。そして、自分の治療の限界を知り、患者の環境面からの検討を行い治療の参考にすべきであると今回の状況調査から実感させられた。実際の治療については後述するが

もし、鉄筋の1階に住み治りにくい場合は特殊な指導が必要となってくる。

### 2-3. アレルギー症状とカビ

小児アレルギー疾患の臨床症状とカビの関係を調べると、興味深い特徴がみられ、反応が即時型のみならず、遅発型で起こってくることが多い。そのため、抗原に曝露されてすぐに症状の悪化をみる場合だけでなく、6時間から12時間後に悪化、あるいは数日後に症状の発症することもある<sup>文-2)</sup>。

このようなことを考慮して患者の調査を行うといろいろな症状と疾患がカビと関係していることが浮かび上がってくる。代表的なカビアレルギーによる症状を表2-1に示したが、実に様々な症状が関係している。気管支喘息との関係は多くの人に研究されており、カビは抗原吸入による呼吸機能試験で遅発型反応が起こりやすいものの1つである。小児よりも成人でカビアレルギーによる喘息が多いとされているが、最近では小児でも増加しており、今後、小児喘息においても注意しなくてはならない吸入抗原であるといえる。

鼻アレルギーの場合、外界と鼻粘膜が直接接しているので花粉・高分子なども含め、沢山の抗原の感作を受けやすく症状が出現しやすいことが知られている。鼻アレルギーはスギ花粉のように季節性がはっきりしていることが多いが、カビの場合、季節性の変化よりも、最近では、通年性のことが多い。

以下に示すように、我々の経験したこのような興味あるカビアレルギーによる結膜炎もみられている。転居後、鼻アレルギーと眼のかゆみを訴えるようになり、薬剤で鼻症状はコントロールできるようになったが、結膜炎の症状は徐々に悪化し、眼科でステロイド点眼薬の投与も受けたが改善せず、アレルギー科を受診し、入院した。入院後、3日で症状が改善したが、皮膚テストでアルテルナリアが強陽性であった。患児が入院中に家庭訪問を行い徹底的に家の掃除を行うように指導し、古い本などもすべて家から除去したところ、退院後も抗アレルギー剤の点眼薬のみで症状がコントロールできるようになった。この例からもどこにでもいるカビが如何に生体に悪影響を及ぼしているのかが実感させられるし、また、以前では経験しなかった臨床症状が最近増えてきていることも確かである。

偏頭痛なども以前はカビとの関係など考えられなかったが、最近では、思わぬところでカビが生体に影響していることも考慮して、患者の不定愁訴に対応することも忘れてはならないことである。

### 2-4. カビの検出

生体にカビがどの程度影響しているのかを知る方法に

表2-1 カビとアレルギー症状

No	アレルギー症状
1.	気管支喘息
2.	過敏性肺臓炎
3.	鼻アレルギー
4.	アレルギー性結膜炎 (含、春季カタル)
5.	アトピー性皮膚炎
6.	偏頭痛
7.	その他

表2-2 RELATIONSHIP BETWEEN PRICK TEST (PT), INTRADERMAL TEST (ID) AND RAST SCORE

	PT positive (%)	ID positive (%)	RAST positive (%)	Concordance (%)	
	N/S	(%)	(%)	P ID	P RAST
Mite (Df) (1302)	61.9/51.0*	87.6	80.6	68.4/60.2*	75.4/64.7*
HD (1125)	54.4/43.0*	85.3	79.2	64.0/56.3*	75.7/60.6*
Egg white (1000)	11.4/9.0	—	11.4	—	85.0/85.3
Milk (1020)	3.8/3.0	—	3.7	—	93.3/93.5
Alter. (443)	21.2/12.0*	23.7	12.5	85.3/87.8	84.1/86.4
Asper. (319)	3.1/0.6**	16.0	0	85.3/84.6	97.0/97.5
Candida (259)	6.9/3.0**	27.8	6.0	71.4/73.7	90.0/94.0
Cedesp. (134)	20.1/6.0*	14.9	37.7	73.9/74.5	60.0/60.4

\*  $p < 0.01$  \*\*  $p < 0.05$

皮膚テストがある。そこで、アレルギー科外来を受診した1475名にスクラッチテストを行い、陽性例を検討した(表2-2)。従来、皮膚を用いたアレルギーテストの判定は、成人による結果と同じ判定基準で行っていたが、小児では皮膚の反応が成人とは異なることから<sup>文-3)</sup>、我々は陽性基準を新しく考案し(膨疹3mm以上、発赤10mm以上)、これによって判定したところ、従来の基準ではアスペルギルス、カンジダが陰性である例でも我々の基準では陽性で、しかも臨床症状と密接に結び付いていることが判明した。

次に、遅延型反応についても検討してみた。その理由はアレルギー反応は即時型反応のみならず、遅発型、遅延型の反応もあり、1つの抗原が惹起する臨床症状は極めて多彩なことである。表2-3のように、小児でも多くのものが皮内反応で遅延型反応を示していることがわかった。

以上のことをアレルギー別に比較すると(図2-1)、ダニ(mites)が最も多く、カビはハウスダスト(HD)に次いで多く認められた。この結果から言えることは何らかの方法で侵入したダニやカビが、人や場合によっては24時間、48時間後でも反応がみられることがあり、臨床上注意すべきことであると考えられる。しかし、今まで、小児科領域では皮膚テスト(プリック)の遅延型の

表2-3 FREQUENCY OF POSITIVE LATE REACTION

Age	Number of cases
0	1
1	4
2	4
3	16
4	20
5	14
6	9
7	15
8	15
9	13
10	21
11	5
12	7
13	5
14	2
15	0
16	1

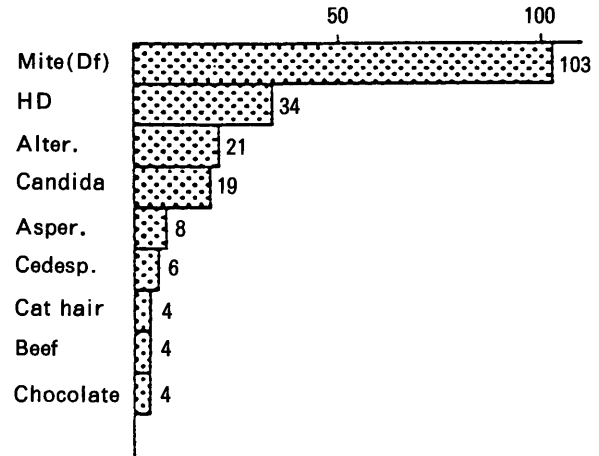


図2-1 FREQUENCY OF LATE REACTION.

判定について言及した報告はなく、臨床との関連もはっきりしなかったが、小児アレルギー疾患の増加と生活環境の急速な変化を考えると、今回の結果は重大なことを示唆しているようにも思われる。

### 2-5. カビ対策

この研究では、十分な対策を検討することができなかったため今後も研究を継続する必要があると思われるが、現時点での最良と思われる対策について述べてみたい。

1) 除湿機：鉄筋コンクリートの家では湿度が高く、除湿機の使用が望まれる。5～6月に朝9時から夜5時まで使用すると、洗面器一杯の水が4畳半の部屋から採取できることから、今後の日本における建築様式について再検討する必要があると思われる。

2) 布団干し：以前はどの家でも、天気の良い日は寝具を外に干したが、共稼ぎなどが増えてきていることから、最近はこのようなことが少なくなり、10月になり、厚い掛け布団に替えたたん喘息発作が誘発されることもある。このようなことから今まで軽視されてきたが、カビと深い関係があるといえる。

### 3. 住宅室内の環境調査とカビ汚染

— 郡山市営住宅の調査 —

#### 3-1. はじめに

近年、居室内のカビ増殖が環境汚染の原因として問題になっている。カビは、室内表面の汚れ、不快感と共に、アレルギー疾患のアレルゲンとして注目されている。カビの増殖は、かつては日本の特徴である高温多湿の梅雨時から夏期に発生が多くみられていたが、最近、アルミサッシュ、合板などの使用で、住宅が気密化し、換気、通風などの不足から、冬期にも居室内で増殖をみるよう

になった。殊に、結露が原因と思われる冬期のカビ汚染は著しく増加している。ここでは、居室面積に比して開口部の少ない集合住宅を対象として、室内の温湿度、壁面温度などを測定し、結露の可能性およびカビ発生の有無の調査を行った結果を報告する。

測定に先立って、140戸にアンケートを配布し、70%の回収率であった。その中で40戸の住居の室内環境測定を行った。

測定地は東北南部の中都市郊外の公営団地である。当団地は昭和40年代に建築された古い団地で外壁に断熱材の使用は皆無で、アルミサッシュを用いている。いずれも南北に居室を配置し、南向きにベランダに向かって床面までの開口部と北面にひじ掛窓を有している。

#### 3-2. 冬期の調査

調査および測定は結露によるカビ汚染を目的としたため、冬期に行った。測定機器は、温湿度はアスマン温度計を使用し、湿り空気線図を用いて、相対湿度、露点温度、絶対湿度を求めた。

冬期の日中の室温としては、低い温度で生活しているのがわかる。当初、南北室間に室温の差があると思われたが、実際には南北間の建具を開放して使用しているため、室温の差は殆どなく、いずれも平均値は10℃前後であった。

室温が低いために、絶対湿度が低いにもかかわらず、相対湿度は高く、80%前後である。壁面温度は、12月の初旬で冬期の初めであったことから、北面で平均7.7℃、南面で11.2℃であったが、北面では平均露点温度とほぼ同温度を示し、南面では露点温度より4℃程度高い結果であった。しかし、北面では、半数の住居が壁面温度は露点温度より低く、室内で水蒸気の発生があれば、結露を起こすと考えられる。また、厳冬期にはさらに北面の壁面温度が低温になることが予測され、室内の相対湿度が

高いことから、殆どの住居で結露をみると予測される。

当地の生活習慣として、冬期でも室温を高くして快適性を求めることなく、殊に、日中はストーブを用いず、こたつのみで生活する家庭が多い。また、ストーブは殆どの家庭では開放型の灯油ストーブである。

測定の結果から、室内の相対湿度は絶対湿度が変わらないとすると、室温を20℃に上げれば、40%になる。従って、比較的水蒸気発生が少ない暖房器具を用いて、快適に過ごせる22℃程度まで室温を上げることにより、結露も少なくなることは明らかである。

さらに、当団地は建設年度が古いため、寒冷地であるにも拘らず、内外共に断熱処理を行っていない。外壁の内側に断熱材を張り付けるか、外部より断熱工事を施工することにより、壁面温度の低下はかなり防げる。

室内の温度が低いことによる相対湿度高さ、壁面温度の低下、北面の壁、押入れ、に結露を起し、カビ増殖の原因となっている。

調査を行った住居の大半は北面、押入れ北壁はカビで黒くなり、北に面した押入れは使用不能になっていた。殊に、南北両端に面した住居では、家具の裏にカビの増殖が認められ、北面の壁と同様、結露部分に通気が悪いために、増殖するものと思われる。

南壁面の壁面温度は、北面より高く、平均値では、露点温度より4℃ほど高いため、1～2戸を除いてカビの発生は認められなかった。

最もカビ増殖の程度がひどいのは浴室であった。いずれの住居も壁、天井すべてカビが増殖しているが、殆どの住居で、窓、浴室入口の建具を開け放しているのがみられ、開口部の位置、大きさなどに問題があると思われる。室内のカビ増殖の写真を写真3-1に示す。

室内でカビの増殖している住戸ではPDA培地に滅菌綿棒でカビを採取して、同定を行った。結果を表3-1に示す。殆どがCladosporiumであった。

測定前に行ったアンケート調査の結果では、浴室のカビが最も多く殆どの人がカビの増殖に関心を持っていることがわかった。また、多くの人が、換気に留意しており、長期間留守にする家庭は少なかったが、共働き家庭が多く、1日中留守勝ちの住戸にはアンケートの回答が得られなかったこともあって、留守勝ちの住戸と結露、カビの関係は求められなかった。

アレルギー疾患の有無についての回答は今回の調査回答中37戸に疾患がみられた。アレルギー疾患と階高別のクロス集計は求められなかったが、1階と4階にアレルギー疾患が多い結果を得た。

なお、“寒いと感じますか”の設問に殆どの住戸で“はい”の答えがあり、実際の生活様式と違うことから、室温を上げ、相対湿度を低く保つ生活に習慣を是正することが、結露→カビ→アレルギー疾患を防ぐ1つの生活方

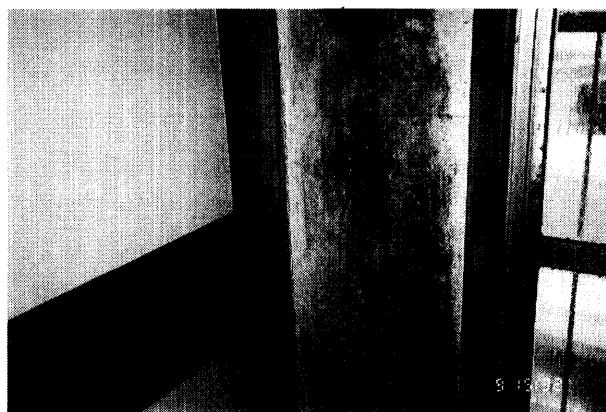
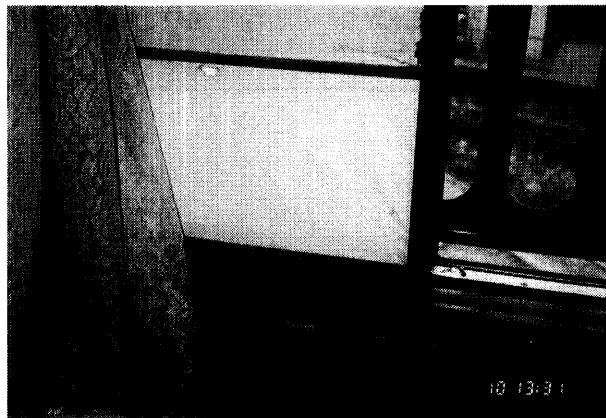


写真3-1 調査対象住居のカビ汚染実状

表3-1 採取菌同定結果  
(松前昭廣による)

住戸番号	採取菌属名
1-4-4-1	Cladosporium sp.
2-4-3-2	Cladosporium sp.
1-4-3-1	Cladosporium sp.
1-4-4-2	Cladosporium sp.
1-4-4-15	Cladosporium sp.
1-4-4-23	Cladosporium sp.
1-4-4-24	Cladosporium sp.
2-4-3-2	Cladosporium sp., Acremonium sp.
2-4-1-3	Cladosporium sp.
1-4-4-19	Cladosporium sp.
1-4-7-3	Cladosporium sp., Aspergillus sp., Penicillium sp., Acremonium sp.
1-4-6-6	Cladosporium sp.
1-4-7-18	yeasts, Penicillium sp.
1-4-5-5	yeasts, Cladosporium sp., Microsporium sp. yeastsが主
1-4-7-31	Cladosporium sp., Penicillium sp. 両者半々
1-4-7-25	Cladosporium sp., Penicillium sp. 両者半々
2-4-7-2	Cladosporium sp. 6個
2-4-2-3	Cladosporium sp.
2-4-7-5	Cladosporium sp. 7, Penicillium sp. 2, ?-3.
1-4-3-8	Cladosporium sp.
2-4-7-22	Cladosporium sp. 13, Penicillium sp. 3, yeasts >30, ?-3.
2-4-7-14	Cladosporium sp., Penicillium sp. 2.
1-4-7-29	Cladosporium sp. 6, Gibbellea sp. ?-2.
1-4-7-28	Cladosporium sp. やや少ない
2-4-7-9	Cladosporium sp. 10, Penicillium sp. 3.
2-4-1-5	Cladosporium sp.
1-4-7-17	Cladosporium sp., yeasts, Acremonium sp. etc.
1-4-5-11	Cladosporium sp., Penicillium sp., yeasts, Alternaria sp.

法改善であると考えられる。

### 3-3. 夏期の調査

冬期の調査に続いて、夏期にも同様の調査を試みた。対象は同一団地の前回と異なる棟50戸に配布したが、留守宅が多く、室内環境の測定は行わなかった。カビの生

える場所は浴室と押入れに多く、浴室では目地に回答が多かった。住居の通風に関しては、夏期のことであり殆どの家庭で良く通風を行っている。

留守勝ちか否かの設問には、冬期の対象より留守勝ちが多く、40%程度あるが、長期間住戸を締め切りにすることは非常に少ない。

アレルギー疾患は回答の50%を占めている。

住居内での測定ができなかったのも、カビの増殖、温湿度など、夏期の特徴を求められなかったが、冬期との比較では、長期間の締め切りは少ないこと、浴室にカビの増殖が多いこと、通風換気に留意している点では同一であった。

当地は東北地方の南部とはいえ、冬期は非常に寒いにも拘らず、住居は寒冷地としての建築でなく、また、生活習慣も昔からのこたつのみで暖を取る方法を脱していない。このような生活習慣が、冬期のカビ汚染に拍車を掛けていると考えられる。

## 4. 住宅に成育するカビ

### 4-1. 一般的条件

真菌類は養分供給源となる有機成分が少しでもあれば、そして水分が僅かにあれば、どこにでも見出される。真菌類は至る所にみられる生物群であって地理的、または栄養分の供給にも関係は認められない。水分を必要とする水性真菌類は比較的単純な形態を示し、且つ水性のためその繁殖は運動性をもつ遊走子をもつものが多い。乾燥に際して、その生命を保つために強固な細胞壁に被われる。水分が再びその壁を潤すと壁は破れその間隙から細胞膜が伸長し中から遊走子が泳ぎ出し、お互いに♀♂を捜して結合し有性生殖を行う。より未分化のカビは♀♂の別なく無性生殖を行う。

これら水性真菌の中には極めて濃厚な物質の中で、即ち汚水の中で成育できるもの、繁殖できるものもある。これらの中で水分に含まれる有機成分より濃厚な成分を求めて陸に上陸して、泳いで移動する代わりに菌糸を発達させ種々な複雑な形態を形成し、さらに厳しい寒暖の差を凌ぐため、また移動を急激にするために、生殖後の形態をより複雑化した。

中には巨大化して目に付く形(茸)や、刺激的な色彩を有するようになった。または特殊な陸上の栄養を取るために栄養要求が特殊化して草食性(いもち病菌—稲葉エキス培地)や肉食動物の糞便上に生育するもの(糞便菌)、特殊の動物感染症のビタミン、アミノ酸要求性(みずむし—トリプトファン、ニコチン酸など)が生じた。

さらに1部の真菌類は動物や人の生活と活動に適応が進み、これらと共生的関係を結び正常フロラとして存在するもの、前述の寄生菌まで特殊化したものもある。し

かし真菌類の主な存在地は土壌である。土壌の中で真菌類は含まれる栄養素を摂取し発芽し、生育して次の世代の発生(俗に孢子)をさせる。

孢子は水や土壌、植物の表面、堆積土、あるいは動物、植物の死体の上に降りて適当な栄養分と水で繁殖を続ける。この際、孢子の運搬手段は種々ある。例えば多くの場合、孢子は空気に触れており何らかの衝撃、刺激によって大気中に散布されるであろう。空気中の真菌類の孢子が土、水や建築物の中に舞降り進入することは自然であり、特にその時の気候条件に左右され、建築物の中に進入する真菌類の孢子を始め菌体はその他の空中粒子と共に進入するであろう。

進入真菌類孢子濃度は、進入場所の条件、即ち高度、進入場所、時刻、季節、気候条件および周辺地域の条件によって異なるであろう。特にカビアレルギーを報告されたような真菌類の孢子は一時に且つ大量に、また数回にわたり侵襲するのが常である。

例えばカビアレルギーとの関連が言われる *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Aspergillus*, *Candida*, *Rhizopus*, *Mucor* などは概ね天候の良い季節に発生し、条件が良ければ繁殖し続ける。そして空中に散布され続ける。その際に繁殖に適した場所があればそこでも繁殖し孢子をさらに空中に散布し続けるであろう。

そのカビ、真菌類の繁殖に適する条件として、①適当な栄養分があること。②できるだけ多湿であること。③適当な温度があること。④好気的な条件であること。が挙げられる。

真菌類は基質に寄生して繁殖するが、基質としては木材、繊維、皮革など生物由来の物を好むが、他方コンクリート、金属やプラスチックにまで寄生し、それらを結合させる接着剤にもよく寄生する。繁殖温度は5~40~50℃、特に28℃付近が、湿度は80%、水分は8%になると極めて繁殖は旺盛になる。

このように並べてみると人の住む住居は木材、繊維、皮革や金属、コンクリートでできており、温度は人が棲むにちょうど良い温度よりは高いが、日本では夏ならば普通の温度であるし、やや低い25℃は冬でも近年は保つ温度であり、湿度は風呂や炊事のために、また、冬は蒸気発生装置で真菌類に良い条件を与えている。

特に、風の通りにくい風呂場や北側の壁際は、カビアレルギーの原因真菌類の発生の好適場所である。空中真菌類の調査は米国カンサスで最初に実行され成書にしばしば引用されている。

日本では神戸と東京の衛生研究所で行われている。両者の上位はほぼ同じで、*Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Epicoecum*, yeasts, などであり、また、日本での屋内空

中真菌類もほぼ同じであった。建築物内の発生する真菌類は、Cladosporium, Acremonium, Penicillium, Trichoderma, Alternaria, Rhodotorula, Fusarium, Ulocladium, Phoma, Aspergillus などが挙げられる。

また、サンプリングにより検出された真菌類もまた Aspergillus, Cladosporium, Alternaria, penicillium, Rhizopus, Trichoderma, yeasts, Acremonium などが報告されている。

環境真菌を中心としてカビアレルギーの研究では、しばしば吸入性アレルギーには Candida, Alternaria, Cladosporium, Aspergillus, Penicillium の菌体、胞子を動物の毛、ソバガラ、花粉(スギ、ブタクサなど)、イエダニおよび家屋塵などを用いる。

#### 4-2. 主要真菌類

ここで主なる真菌類について記述してみる。

##### a) Aspergillus 属

Aspergillus は194種、38変種、が記載されるが、Dictionary of the Fungi には350の名があるという。また、完全世代がみいだされて38菌種8変種が知られている、これらに対応する完全世代の属名は Eurotium, Chaetosartorya, Emericella, Dichlaena, Edyullia (syn. Gymnoeurotium), Fennelia, Hemicarpenales, Neosartorya, Petromyces (syn. Syncleistostroma), Sclerocleista, Warcupiella (syn. Sporophormis), Hemisartorya, Raperia などが報告されている。しかし、不完全菌門 Aspergillus 属として説明する。Thom, Church, Raper, Fennell, Pitt, Udagawa, (1926~1988) 等の学者の長年の研究の蓄積は他分野の研究者にも馴染みが深いので急に新完全菌門として上の菌名を挙げてもわからない。

この属は菌種が多いので基本的に共通した性質で18グループ別にしている。

菌糸から脚細胞が出現し分生子柄が空中に伸び先端が膨化する頂囊<sup>ちやうのう</sup>をつくりその先端にフアイアリッド(梗子)が生じる。フアイアリッドは1段のものと2段のものがある。フアイアリッドは徳利状をなし先端から分生子を生じる。

分生子は連鎖して分生子頭を形成する。分生子頭の形は様々であり5系統(棍棒<sup>こんぼう</sup>、放射、長円柱、球、分裂円柱)に分けられる。分生子柄<sup>とげ</sup>は刺の有無、着色(無色、緑、黄色、褐色)に、頂囊は球形、フラスコ形、棍棒形、その他様々の形に、分生子の形は球~垂球形、楕円形~球形、楕円形に、分生子表面は滑、粗面に分けられその他の特徴とを組み合わせで分類を行う。

病原性がある Aspergillus fumigatus, 代謝産物が毒性のあるアフラトキシンをつくる Aspergillus flavus, 米から酒をつくる時に米を分解し麦芽糖をつくる Aspergillus niger, 漬物をつくる Aspergillus oryzae,

毒物オクラトキシン産出の Aspergillus ochraceus などは極ありふれていて、穀類、動物の糞、野菜、土壌、堆肥などに成育し、空中真菌としても室内真菌としてもよく検出される。

##### b) Penicillium 属

俗に青カビといわれて植物、果物、穀物、土壌特に腐敗したものに着生する。有用なものとして penicillin がある。また、チーズの完熟に関与している。青カビチーズもこの菌がチーズの中に入っている。この真菌も完全世代が知られている。菌糸から分生子柄が出現し、ときには数回分岐する。これをペニシリスとしてその形で単輪、対称、複輪の3形に分ける。俗にほうき状と言われる形である。対称群はさらに5形に分ける。

さらに Czapeck 寒天地, malt extract 寒天培地に接種して23℃に12~14日培養して成育速度、集落は表面の色(黄緑、青緑、青灰緑、灰緑、灰オリーブ)、裏面の色(無色、明黄色、鈍黄色、黄色、オレンジ色、ピンク色、褐色、ワイン色、緑色、灰色)、栄養菌糸の色、分生子柄の長さ、凹凸、分岐の形、分生子の形、大きさなどで分類する。サラミソーセージ、チーズや柑橘類の腐敗などのところから分離される。そのほか穀類、皮革、紙、繊維、木材、ペンキ、光学機械(レンズなど)、文化財(絵画など)、その他の廃棄物に多く存在する。

##### c) Cladosporium 属

この菌は黒色分芽菌に入れられる菌であるが、完全世代も知られるが不完全世代で説明する。分生子柄から分生子が生じ、なお、その先に小さな芽(出芽)が出て完成するとさらにその先端に出芽して樹枝状に連鎖する。この形の中に分生子柄に分生子が出る場合に分生子が出た後分生子柄が伸び、そこに分生子が生じる。これを繰り返す形もある。

前者を Hormodendrum 形、後者を Cladosporium 形としたがいずれも現在はシンポジオ形分生子としている。なお、電子顕微鏡の観察によってさらに細かく分類される。分生子柄の形(ペニシリスの分類と似る)、分生子の形、凹凸、大きさおよび集落の色(オリーブ~褐色、チョコレート~褐色、灰~灰オリーブ、オリーブ緑、から黒褐色、殆ど黒色に至るまで暗色である。極めて分布の広い菌であり、-5~6℃にも生えるので食品、土壌、繊維、穀類、ペンキ、草木(特に枯れた草木)に成育する。風呂の壁、コンクリート壁の黒色のしみは大部分この菌の存在である。

##### d) Alternaria 属

菌の特徴は極めて特徴的で分生子は大型で連鎖をし大型の分生子は分割して9~15個位の小分生子に分かれる。なお、分生子が生じるときは分生子柄の1部の内部から小さな分生子が出て段々と大きくなりさらにその下から新しい分生子が出てくる(ポロ形分生子)。通常5

～8個、分割した大分生子が連鎖する。良く似た菌として *Ulocladium*, *Stemphylium*, *Macrosporium*, *Thyrospora* などがあり、いずれも黒～黒緑～黒灰緑～暗黒灰色してピロード状に成育する。腐朽植物、食品、土壌、繊維などに存在する。

#### e) *Fusarium* 属 *Acremonium* 属

白色の集落をつくり菌糸から分生子柄を生じ、先端から1個または多数の分生子をつくる。分生子の先端では粘液で分生子は塊となり特徴的であり、ときには集落はピンク～赤色～紫を示す。これらの他にサヤエンドウ型の大分生子を菌糸から5～10個生じるのが *Fusarium* 属である。土壌、植物に存在する。大部分は空中真菌で元は土壌である。

#### f) *Candida* 属

白色の集落をつくる酵母様真菌であり出芽形式によって繁殖をする。菌糸をもつくり時には出芽細胞が長くなった仮性菌糸をつくる。土壌、清水、污水、その他多くの所に存在し物質の分解、発酵を行う。病原性のある *Candida albicans* は有名である。色を有する酵母として出芽細胞だけの *Rodotorulla* (ローズ～赤) 分生子が分生子柄から放出されその距離が長い *Sporobolomyces* 属 (赤)、鳩の糞に存在し、酵母細胞の周りに澱粉様の膜があり、病原性のある *Cryptococcus neoformans* を含む *Cryptococcus* 属 (黄色～橙色) などがある。

### 4-3. 住宅における調査結果

本研究で対象とした住宅の真菌類を調査した。その結果は多くの報告と同じく *Cladosporium*, *Acremonium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Sporobolomyces* (*basidiomyces* の yeast) などであった。その他では黒色分芽菌と黒色糸状菌であった。特に *Cladosporium*, など、検出された真菌類は測定場所では繁殖していたらしく測定シャーレにそれぞれ単独種のごとくに検出できた。これは家屋の中で繁殖していることを示し、外部からの空中真菌類の侵襲ではないと考えられる。このような家屋に棲む人のカビアレルギーを、これらの真菌類の菌糸や胞子から抽出した抽出液をアレルゲンとして皮膚反応を調べたら、陽性の結果が出るのではないかと考えられる。

これらの予防の方法は、掃除の後に繁殖の条件のうち容易に実行できる水分の減少を心掛け、できるだけ湿度の高い場所を取り除くのが真菌類の繁殖を防ぐ要点である。即ち風呂場の換気を心掛け、北側の壁の水分を拭き取り、風通りを良くすると良い。抗真菌剤は近来有効な物質が発売されてきたがそれらの効果はひと冬と考えるのが良いと思われる。

## 5. 住宅における被曝量推定

— 落下法による空中菌測定の問題点 —

### 5-1. 目的と在来研究

住環境の空中浮遊菌による汚染は、沈積や吹付けによる室内の汚れ、不快感にとどまらず、落下や浮遊菌の吸引によるアレルギー、喘息など人体に与える影響も含めて、近年とみに脚光をあびている。しかし、その測定法は未だ確立されておらず、かなりの可能性が、各測定法に残されていると思われる。

従来、落下法には多くの研究がなされており、その評価について賛否両論があるが、落下法には、器具の簡索性、測定の容易さといった特長があり、また、この測定法は落下を汚染機構とするものに対しては絶対測定でもある。問題点の1つとして、衝突型のものによるポジティブ・サンプリングに比べ、気流や空中浮遊菌粒子の形状など様々な要因の影響を受けやすいことが挙げられる。

気流による影響を考慮した研究には、橋本の円筒を使った測定報告<sup>文-4)</sup>などがある。また、換算法は乗木の推奨する“ $1\text{ m}^3$ 浮遊菌数=落下菌数 $\times(30\sim50)$ ”<sup>文-5)</sup>といったものがあるが、いずれも影響要因に関する考慮がされておらず、実測値のみの比較である。

落下量には開放時間、面積以外に、落下速度、天井高、換気回数、(平均滞留時間)の影響が明らかとなっており<sup>文-6)</sup>、そのような論理的構築がなされていないといった点において、信頼性の高さには疑問が残る。

本研究は、落下法の可能性を検討するために、測定値と開放時間との関係について、上記の要因を考慮し、考察するものである。

### 5-2. 実験1 (高層住宅における場合)

#### (1) 実験概要

培地は、細菌にはトリプトソーヤ寒天培地、真菌にはポテトテキストローズ寒天培地にクロラムフェニコール添加(100mg/1000ml)を使用した。測定場所は、都内の住宅の室内と屋外である。室内は集合住宅の10階にある6帖和室で、上下分布は室内の0 cm, 60cm, 120cm, 180 cm, 220cmの各点で測定した。日時は1989年11月24日および、12月9日である。培養温度・培養時間は、従来と同じく細菌は37℃・48時間、真菌は25℃・72～96時間で、培地上に発生したコロニーを計数した。

#### (2) 上下分布の時間変動

##### ① 実験結果

結果は図5-1のようである。測定場所は共に室内、X軸は開放終了時間である。

##### ② 考察

落下菌の絶対量は、20時頃が最も多いようである。これは、石堂ら<sup>文-7)</sup>の実験に詳しいが、ほぼ似たような結

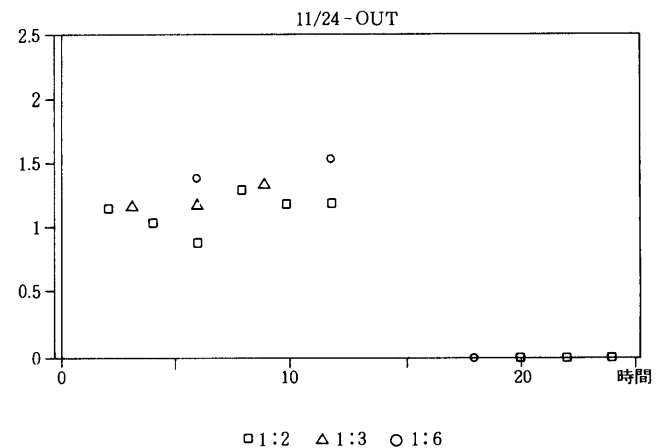
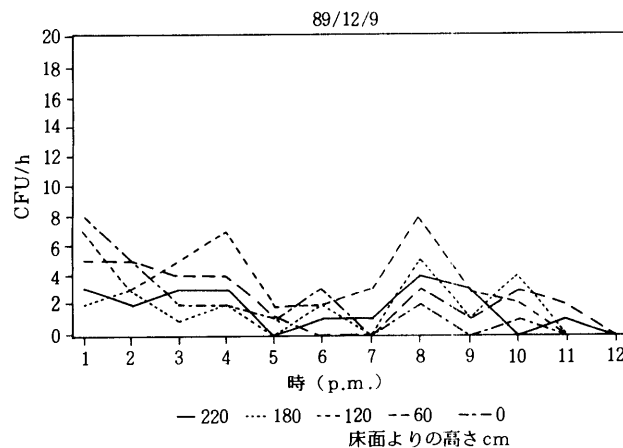
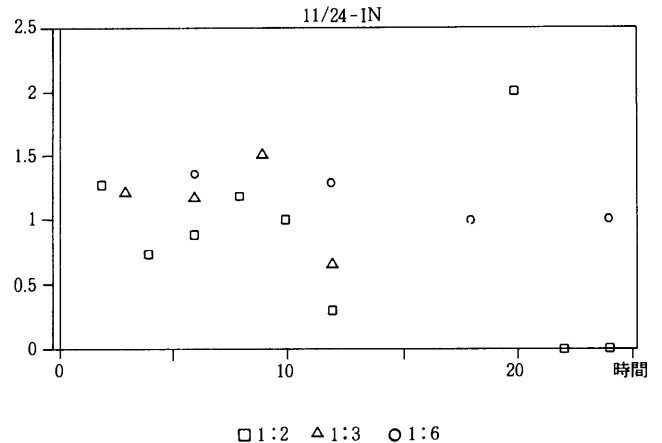
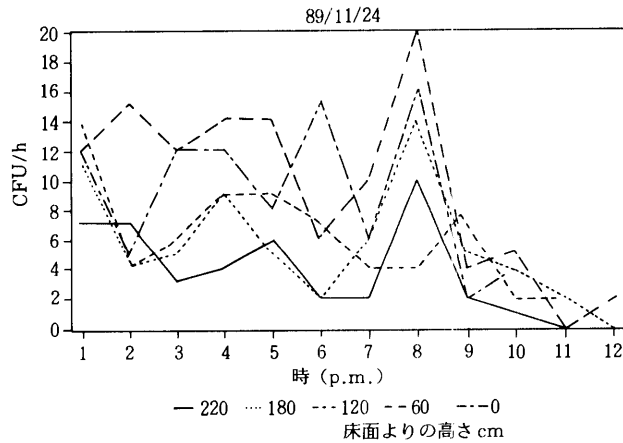


図5-1 落下菌量の高さ別変化

図5-2 各種開放時間値の1時間値に対する比の時刻的变化(1)

果を得られた。報告によると最大のピークは午前8時頃であるがこの時間帯は測定していないのでわからない。

上下分布であるが11月24日のデータでは、落下量は0~60cmに集中しているが、12月9日のデータはそれには当てはまらない。この場合、全体的に上位を占めているのは、120cm付近である。石堂らの報告のように、就寝時においては、測定位置が高いほど、低濃度になっているようである。また、生活時における相関も認められないのかも知れないが、何らかの室内環境に影響されると考えるならば、測定対象とする環境要因の種類を増やした実験を行うべきであろう。仮定としては、気流、濃度分布などの条件が同一であるとするならば、居住者の行動などによるまき上げが一因となっている可能性も考えられる。

(3) 落下数の時間変動

① 実験結果

測定結果を図5-2に示す。測定場所は6帖間である。開始時刻は正午である。X軸は経過時間(開放終了時刻)、Y軸は開放時間1時間の落下菌数を、2, 3, 6の各開放時間まで加え、各開放時間の落下菌量で割ったものである。これは、もし環境影響が、個々の浮遊菌に作用しているならば、比や差を取ることににより、より明瞭に落

下法における時間と環境影響の関係が明らかになると考えたからである。比率を平均化することは、各時刻の環境影響との関連を重視するため行わなかった。

② 考察

比率の変動の激しい順は、12月9日の室内、12月9日の屋外、ほぼ同程度で11月24日の室内、11月24日の屋外となる。

このようなデータ加工を行った場合、問題点が全くないとは言いきれないが、1次データの特性を比較的損なわないと考え、これを用いた。

(4) スリットサンプラー (M/G) による時間変動

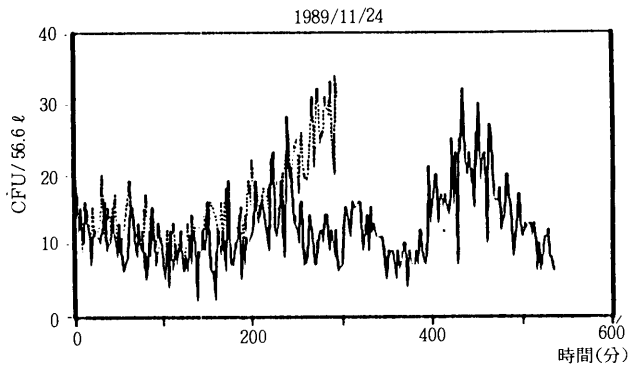
① 実験結果

測定結果を図5-3に示す。測定場所は6帖間の室内と屋外である。また、開始時刻は正午である。

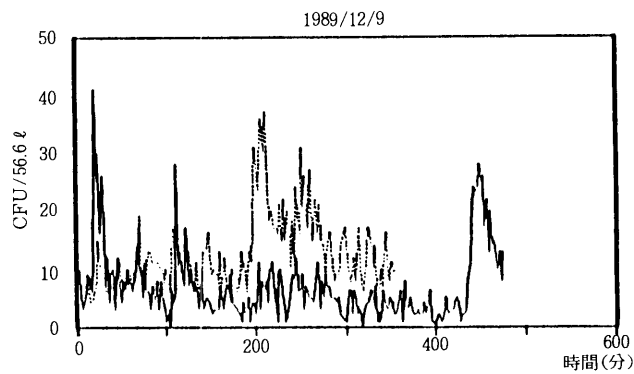
② 考察

落下菌量は室内で、それぞれ午後7時~8時頃が最も多いが、これは落下法で測定した図5-1とも一致している。屋外においては、開始後200分程度までは、室内と似たような挙動を示しているが、それ以降は急激に落下量が増えている。この点は11月24日、12月9日共に一致する事項である。時刻としては、午後3時半以降ということになるであろうが、これは石堂らの実験結果とは一



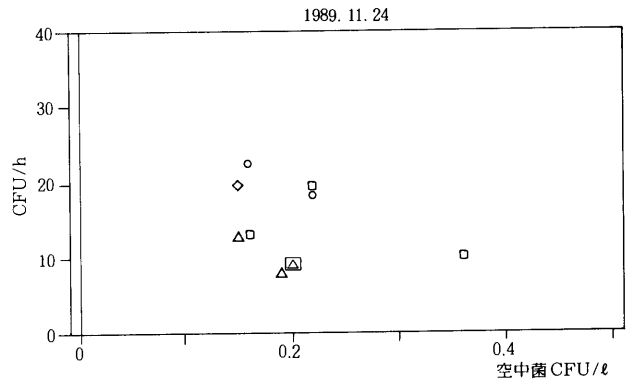


— IN --- OUT

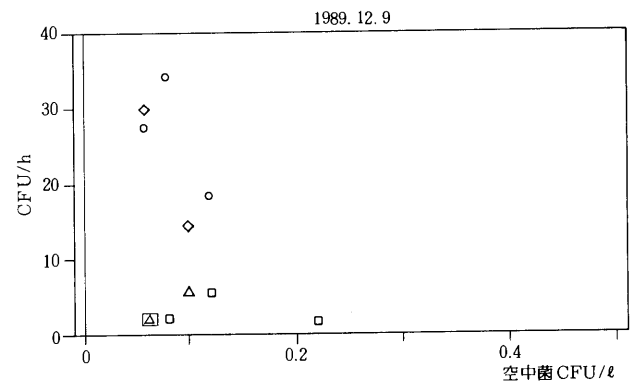


— IN --- OUT

図5-3 空間菌の時間変化 (M/G サンプラによる)



□ IN 1:2 △ IN 1:3 ○ OUT 1:2 ◇ OUT 1:3



□ IN 1:2 △ IN 1:3 ○ OUT 1:2 ◇ OUT 1:3

図5-4 落下菌量 (1時間値) と空中菌

致していないように思われる。図5-4は空中菌濃度と落下菌の1時間平均を示す。

(5) まとめ

今回の実験によって得られた実測値は石堂らの実験報告と一致する点が多々あったが、これらの事項に論理的説明をつけるには、データ数が不足しており、必要な環境要因に十分対処し切れていないといった点において困難であると考えられる。

5-3. 実験2 (低層住宅の場合)

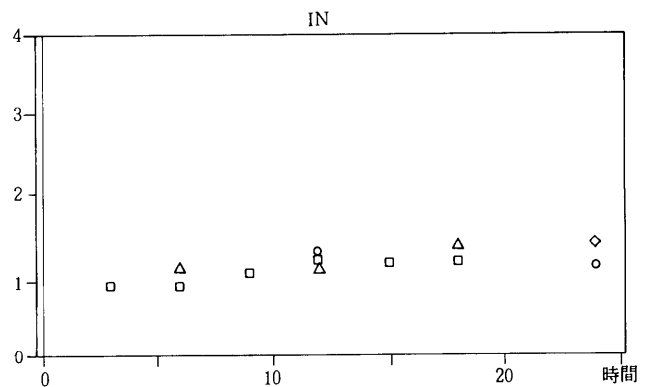
(1) 実験概要

培地、培養時間、培養温度は実験1と同じである。測定場所は、都内のアパートで室内と屋外である。室内にはなるべく1人在室するようにし、畳から高さ70cmの所に1, 3, 6, 12, 24時間用の培地を並べた。屋外ではなるべく日光の当たらない所に高さ1mの台を設置し、その上に1, 3, 6, 12時間用の培地を並べた。日時は、1990年10月3日~10月4日である。

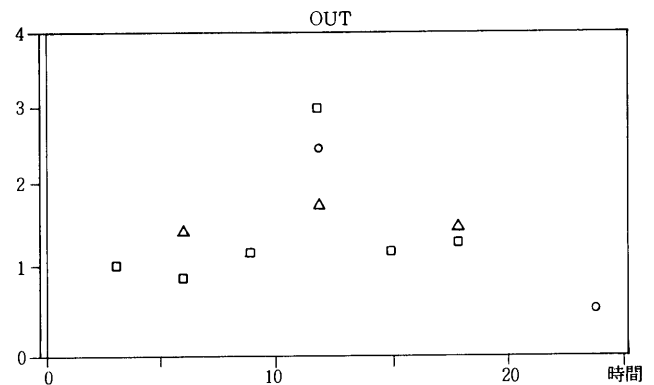
(2) 実験結果

落下粒子量に作用するであろうと思われる環境要因として、室内外の乾湿球温度および、室外の風速を対象とした。

落下菌の比率は実験1と同様に集計し図5-5に示す。X軸は開放時間である。測定開始時刻は午前9時で



□ 1:3 △ 1:6 ○ 1:12 ◇ 1:24



□ 1:3 △ 1:6 ○ 1:12

図5-5 各種開放時間値の1時間値に対する比の時刻的变化(2)

あった。

### (3) 考察

今回の実験では前回と異なり、屋外の比率の変動が室内のものより、はるかに激しかった。温度との相関、屋外における気流との関係は共に認めがたいものであった。室内における比率の変動は非常に少なく、この場合一定の測定時間から環境を評価し得ると考えられる。

### (4) まとめ

本実験において、開放時間と実測値という観点から落下法による環境評価の可能性を考えてきたが、取り上げた環境要因は極く一部に過ぎず、論理的構築も行っていないため未だ不十分だと思われるが、これらの問題が解決できれば、環境評価は可能であると考えられる。

## 6. 住宅環境におけるカビの成育

### 6-1. 壁面の水蒸気分布と結露によるカビ

冬期のカビの空中浮遊の原因の多くは、室内の結露に増殖したカビであることが最近注目され、アルミサッシュ、合板の使用による気密な現代の住居では、換気量の不足、通風による乾燥の不足などによって一旦結露した壁面、天井の湿気からカビの増殖が多くみられる。殊にRC造の集合住宅では居室面積に比して開口面積が小さく、平面上の計画面の不備も加わって、換気量、通風の不足が言われ出して久しい。

#### 1) 冬期の場合

ここでは、古い木造住宅であるため、換気量が多く、日常は人の住んでいない住宅を利用して、室内で水蒸気を発生させ、外部に面した壁に人工的に結露を起こさせて、カビの発生実験を行ったものである。

##### (1) 実験概要

① 実験期間 1990年3月1日～3月13日東北地方の低温気候を利用して行った。

② 実験場所 木造1戸建ての外気に面した壁面に紙を張り、図6-1に示すように1～35の各測定点で、壁面付近、壁面より10cm、20cm、30cm、の水平方向の温湿度を測定した。室内外の温湿度は実験の前後に測定している。

③ 使用測定機器 室内外の温湿度はアスマン温度計により、測定を行い、壁面付近、および壁面からの水平方向の温湿度は、VAISALA社製HM-34を用いた。結露は目視によった。

④ 水蒸気発生 ガスストーブ上に3lの水を入れたやかんをのせ、ストーブの燃焼による発生水蒸気とやかんからの水蒸気との合計を用いた。ガスは、LPGを使用し、点火より4時間燃焼させ、0.072m<sup>3</sup>のガス消費量であった。ガスストーブからの水蒸気発生量は、9.27kg(water)/m<sup>3</sup>LGであり、やかんからの発生量は、0.5kg/h

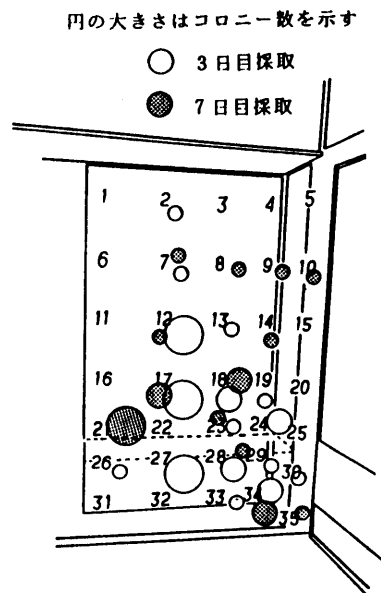


図6-1 実験方法およびカビ発生位置

であった。

⑤ 使用壁紙 当初、市販の壁紙を使用した。防カビ処理が施されていることが判明し、リール紙を用いた。

⑥ カビ増殖実験 実験室内で水蒸気を発生させた結果、壁面に結露を生じ、カビの増殖を認められるとの推測から、3日目、7日目の2回にわたり、ポテトデキストローズ寒天培地を固化させたローダックプレートを用いて1～35の各測定点で壁紙表面を押印して、25℃、4日の培養の後、発生コロニーの計数を行った。そのうち7日目の結果の同定を行った。

⑦ 換気量測定 ガスストーブ燃焼によって発生するCOの減衰を、電気化学的酸化法(エコライザー)により測定した。古い木造家屋であったため開口部はゴムテープで目張りし、給気のため、内部出入口を10cm開けた状態で測定の結果、換気回数は7回/hであった。

#### (2) 結果

実験前の室内温度、湿度はほぼ同じ状態であったので、ここでは1日目の温湿度を例に挙げる。室温は、4.7℃、湿度は65%、絶対湿度は0.0035kg/kg'であった。同日の実験後の室温は19.5℃、露点温度は11.5℃、絶対湿度は0.00895kg/kg'であった。

この日を例にとって測定後の絶対湿度を計算で求めた。室内の水蒸気発生量を定常とすると、

X 水蒸気濃度 (kg/kg')

X<sub>0</sub> 外気水蒸気濃度(絶対湿度) (kg/kg')

C 水蒸気発生率 (kg/h) : 0.081m<sup>3</sup>×9.27kg/m<sup>3</sup>

Q 換気回数 (回/h) : 7回/h

R 気積 (m<sup>3</sup>) : 40m<sup>3</sup>

$$X = X_0 + \frac{C}{Q}$$

の式から測定後の室内の絶対湿度を求めると、0.0081kg/kg'となり、実験後の室内実験値とほぼ一致する。

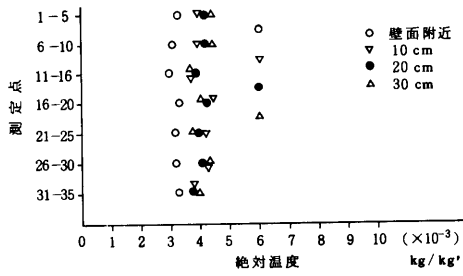
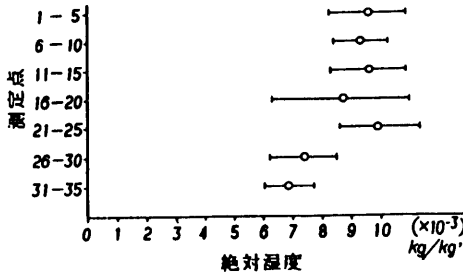
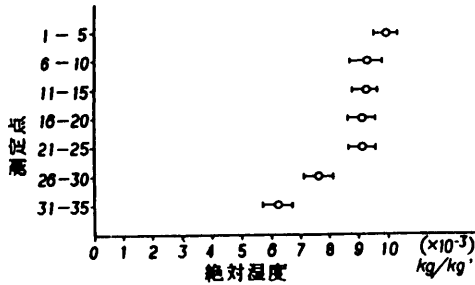


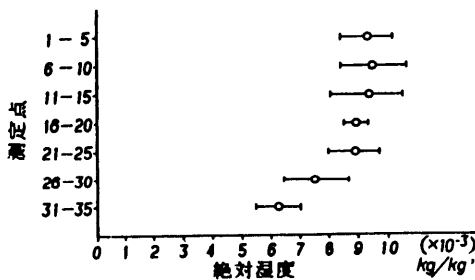
図6-2 実験前の水蒸気分布(1日目)



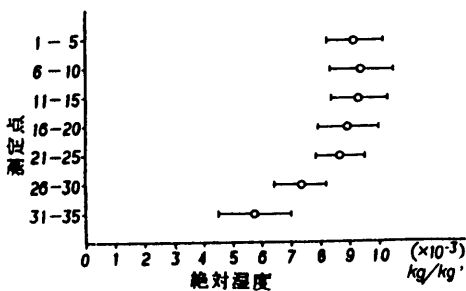
(1) 壁面付近



(2) 水平方向10cm



(3) 水平方向20cm



(4) 水平方向30cm

図6-3 水蒸気分布と標準偏差

本実験は、壁面温度、室内の水蒸気発生量、換気量の関係から、外部に面した壁に結露が生じるか否か、その壁面に結露を原因とするカビの増殖が認められるかの2点が主である。そこで、壁面付近および水平方向の温度から、水蒸気分布を求めて、結露の有無を確かめた。水蒸気分布は測定器の相対湿度と温度から絶対湿度を求めた。

ストーブ点火前に測定した壁面付近および水平方向10cm, 20cm, 30cmの絶対湿度による水蒸気分布を図6-2に示すが、測定面の上下に差は認められず、壁面付近と水平方向に離れた場合に僅かに壁面付近の絶対湿度が低いのみであったり、ほぼ一様の分布を示している。

実験後の各点の水蒸気(絶対湿度)分布を壁面高さ毎に平均を算出し、全測定の標準偏差を求めた。壁面付近、水平方向10cm, 20cm, 30cmの4種類の計算結果を図6-3に示す。壁面付近はバラツキが大きいだが、水平方向10cm, 20cm, 30cmの水蒸気分布はいずれも良く似た傾向を示しており、下方2段の26~30, 31~35で水蒸気量は少なくなる。バラツキはあるが、壁面付近も傾向としては似ており、この部分の絶対湿度は、実験後の室内平均水蒸気量が、0.00895kg/kg'であるのに比して0.0055~0.0065kg/kg'であった。この結果から、0.002~0.003kg/kg'程度は結露により空気中から失われたと考えられる。また、壁面の温度低下によって、結露として空気中より失われる水蒸気は壁面から30cmの距離まで影響することがわかった。

結露による壁面のカビの発生を確かめるために、実験開始時に壁面の紙面をアルコール綿で消毒を行い、実験開始後、3日目、7日目にローダックプレートにより採取したカビの発生検査では、壁面温度の低い壁面下方にカビの発生をみた。図6-1にカビの発生箇所を示す。結露が生じてからカビ採取までの期間が短いため、発生コロニー数は少なかった。目視によっては、カビの発生は認められなかった。RC造の共同住宅などで、目視により確認できるようなカビ汚染は、原因となる水蒸気発生、

表6-1 7日目採取の真菌の同定結果

No.	真菌属名
6-⑦	Epicoccum sp.
6-⑧	Cladosporium sp.
6-⑩	Cladosporium sp.
6-14	Cladosporium sp.
6-17	Cladosporium sp. Penicillium sp.
6-18	Alternaria sp. Cladosporium sp.
6-21	Acremonium sp. Alternaria sp. Epicoccum sp. Cladosporium sp.
6-23	Cladosporium sp. Rhodotorula sp.
6-28	Epicoccum sp.
6-34	Penicillium sp. Penicillium sp.

壁面の温度低下が長期間連続することが考えられ、カビ発生より相当期間を経ていると思われる。目視で確認できるだけの期間、実験を行うことは、現状では困難である。

7日目に採取したカビの同定を行ったが *Epicoccum*, *Cladosporium* などが多かった。同定の結果を表6-1に示す。

## 2) 夏期の場合

日本の夏期の室内環境は高温多湿である。冬期の結露から生じるカビとは異なり、従来、日本では、室内の温湿度の影響により梅雨期から夏期にかけてカビの増殖が問題になってきた。

(1) 実験方法 冬期の結露→カビ実験と共に、夏期には室内の環境条件によってカビの発生をみるか否かを冬期の実験と同一場所において、同様に壁面付近、水平方向10cm, 20cm, 30cmの温湿度を同一の測定器を使用して測定し、水蒸気分布、壁面のカビ採取を行った。夏期であるので、室内の水蒸気発生は行わなかった。

実験は7日間同一時間に行い、7日目にローダックプレートによりカビ採取を行った。

(2) 結果 水蒸気分布は、平均値を図6-4に示す。冬期に比べると、絶対湿度はかなり高く、夏期の高湿度が示されているが、上下に分布の差は認められず、壁面温度に冬期のような下方の温度低下がないものと思われる。

夏期の実験に際して、実験室内の漏気を防ぐために、天井のジョイナー、柱部分の間にガムテープで目張りし実験室の出入口を閉めて換気量の測定を行った。ドライアイスを使用して、発生した炭酸ガスの減衰から、換気量を測定した結果、1.2回/hであった。

7日目に採取したカビは培養後コロニーの発生を見た。現在同定中であって、正確にはわからないが、冬期と同様に *Epicoccum*, *Penicillium* 属などが検出された。

一般に初期のRC造アパートなどにみられる結露によるカビ汚染は壁面が露点温度以下であること、開放型ストーブの使用などで室内水蒸気の発生量が多いこと、換気量が不足していることなどが挙げられるが、1)の冬期実験のように、換気量が7回/hと大きくても、ストーブ+やかんからの、水蒸気発生では、壁面温度の低下している外壁部分に結露が生じることが明らかになり、1週間後にはカビの発生が証明された。

夏期の場合、換気量が小さい場合(一般住宅の1/2程度)特に水蒸気の発生がなく、夏期としては特に高湿度でなくても、7日ほど締め切り状態では、壁面にカビが発生する。

冬期、夏期共に、居室の換気を十分にすること、水蒸気の室内発生を少なくすることなど、住人の意識に負うところが大きい。

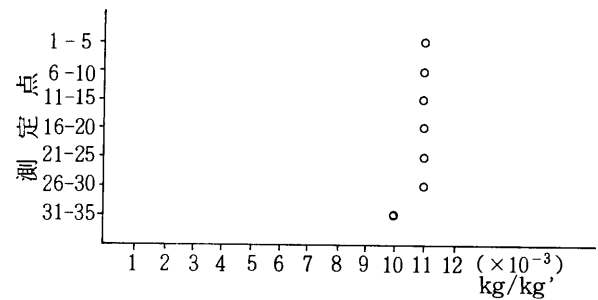


図6-4 夏期の水蒸気分布

## 6-2. 建築材料のカビ増殖について

住宅に使用されている建材には温湿度の条件が適切で、僅かな栄養源があれば、カビが増殖することは、容易に考えられる。何種類かの建材を使用して、温湿度を変化させ、カビの増殖を確かめた。

### (1) 実験概要

① 試供材料 建築材料として一般に多く使用されている木材では、杉、松を、他の建材ではラワン合板、石膏ボード、プリント合板、畳表を使用した。

② 試験菌 空中に浮遊する菌類が、換気によって屋内に侵入し、一般住宅の室内に浮遊し、増殖条件に適した箇所に付着、増殖するとの予測から、落下法によって戸外で空中菌を採取し、試験菌として用いた。培地はポテトデキストローズ寒天培地を用いて、一般真菌採取のため、60分空中に曝露し、木材などの繊維材料に増殖が考えられる菌類を採取するために、ペトリ皿の普通寒天上に紙ろ紙をのせて、90分空中に曝露したが、菌は採取できなかった。

採取した培地は、25℃で4日間培養し発生したコロニーを分離、培養を行った。その中から正確に分離できた菌6種類を同定し、試験用に用いた。

使用した菌種を、次に示す。*Dacyscylosporium*, *Phomopsis*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Sutingmella*, No. 6 (同定不能)、の6種類である。

### ③ 実験方法

i 6種類の建材は、オートクレーブで、121℃、20分滅菌したのち、6種類の菌を培地から白金耳で建材中央に植え付け、最も成長すると思われる一般真菌の培養温度である25℃、湿度100%の状態ですべて2週間培養した。

培養試験は、直径15cmのペトリ皿に蒸留水20mlを注入し、中央に台を置き、台上に菌を接種した試験体のをせ、ペトリ皿内の相対湿度を100%とした。

ii. 試験体の中から最も菌の成長が認められた畳表について、相対湿度、温度を変化させて、成長を測定した。畳表は新しいものを用いた。

湿度は、塩化カルシウムを蒸留水に溶解して塩化カルシウムの量を変えることにより、ペトリ皿内の相対湿度を変化させ、建材に植え付けた真菌が異なった相対湿度

表 6-2 湿度コントロールに対する CaCl<sub>2</sub>

湿度(%)	純水20g に対する CaCl <sub>2</sub> 量 (g)
100	
90	3
85	4
75	6
66	8
55	10

に曝露されるとし、試験体(建材)の湿度は空気中の相対湿度と並行状態であるとの仮定である。iの場合と同じく、20mlの蒸留水を用いて行ったが、ペトリ皿内の相対湿度を保つために、ペトリ皿と蓋の間をビニールテープで密封した。

湿度は100%、90%、85%、75%、66%、の5段階とした。66%は培地上での実験では菌糸の伸長が極端に遅くなることがわかっているため、確認のために採用した。塩化カルシウムによる相対湿度の変化は表6-2に示す。

培養温度は35℃、25℃、15℃、5℃の4段階とした。

iii. 菌の成長は、いずれの場合も植え付け後から24時間毎にコロニーの直径を計測し、成長状態を観察した。

#### (2) 結果

実験 i の25℃、100%の場合、Dacetylsporium, Epicoccum, Penicillium については畳表上の菌の成長は著しく3~4日で試験体(5cm×5cm)全体を覆うのが認められた。Phomopsis, Sutingmella, No. 6については、それほど成長は認められず、No. 6については、ラワン合板上の成長が畳表に勝る。

その他の木材、ボード類については、コロニーの成長は小さく24時間の成長は2mm程度であるが、No. 6がやや大きい。いずれも、成長に長時間を要し、7~10日を経て、コロニーの成長は大きくなる傾向が認められる。

殆ど菌の成長が認められなかった建材は石膏ボードである。その材質上真菌の成長に必要な栄養を含まないためと思われる。プリント合板は、表面では菌の成長は殆ど認められないが、コロニーより菌糸が伸びて、断面の合板部分に菌の生育が認められた。

実験 ii の畳表(新品)については、現在の実験では、25℃で湿度を5段階に変化させる結果のみが明らかになっている。Dacetylsporium, Phomopsis を除いて、必ずしも相対湿度100%が最も成長するわけではなく、NO. 6, Penicirium, Epicoccum では90%、85%の相対湿度中の菌が最も成長する。殊に、Penicillium では75%の成長が著しい。

各建材の温度25℃、湿度100%の場合の例を写真6-1に示す。

畳表の25℃培養、湿度5段階の例を写真6-2に示す。各建材の温度25℃、湿度100%の場合の菌の成長速度を

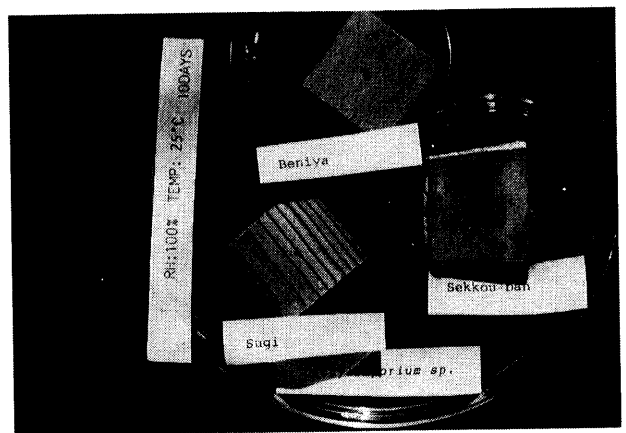
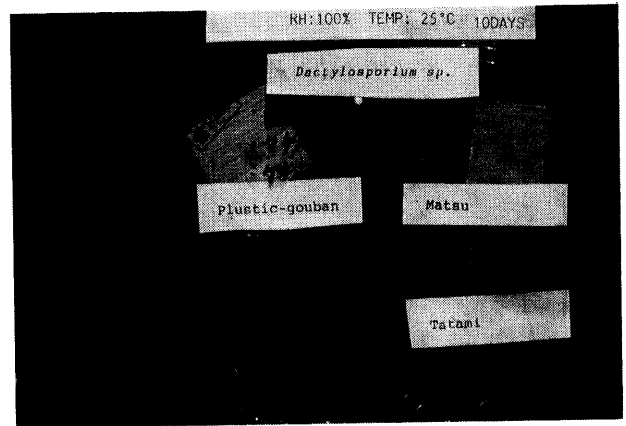


写真6-1 各建材の温度25℃、湿度100%の場合(10日間)

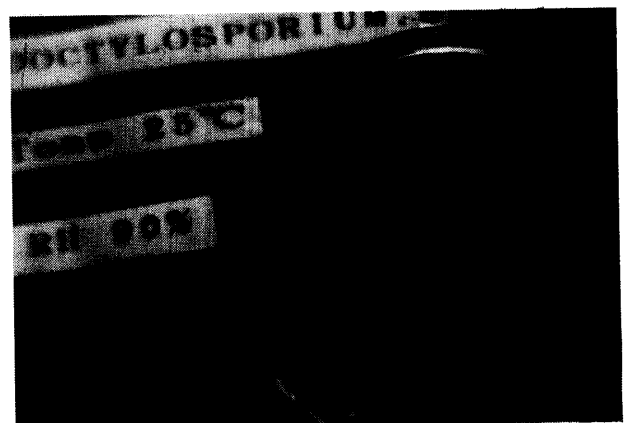
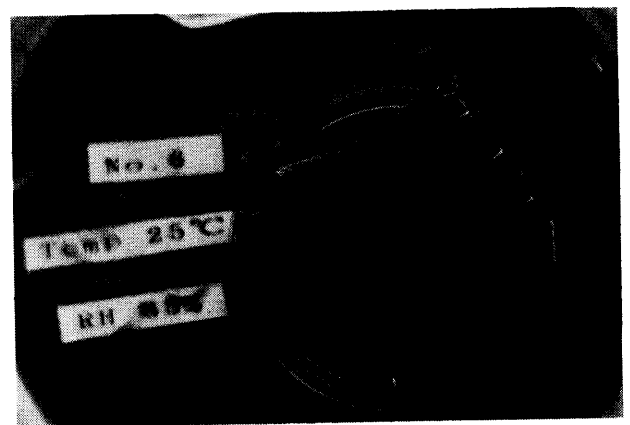


写真6-2 畳表の温度25℃、湿度5段階の場合

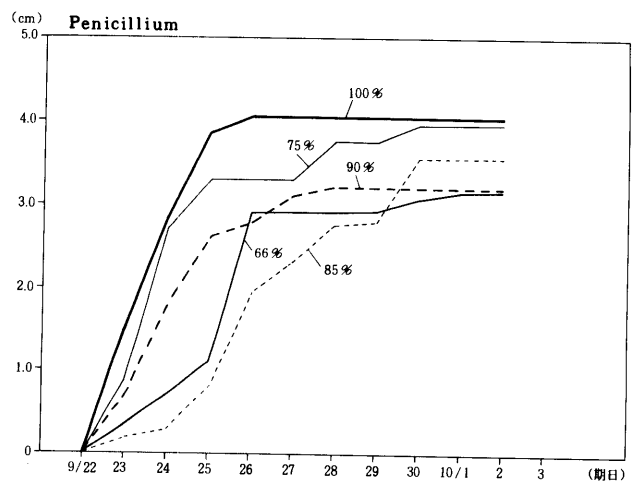
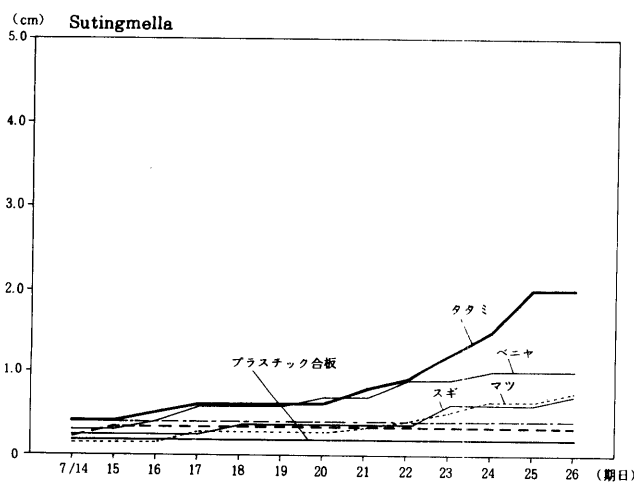
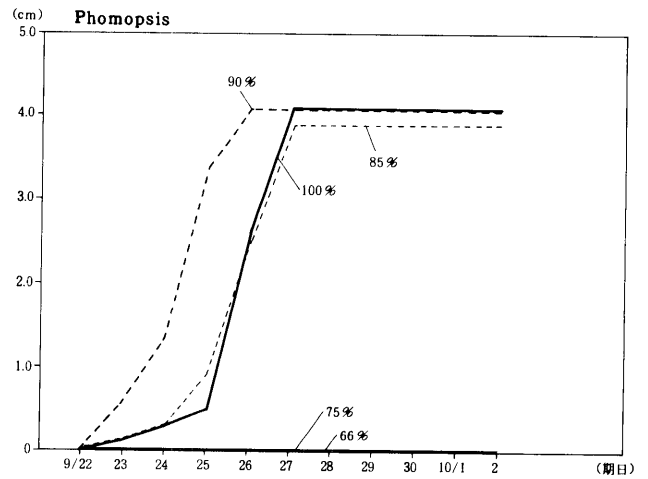
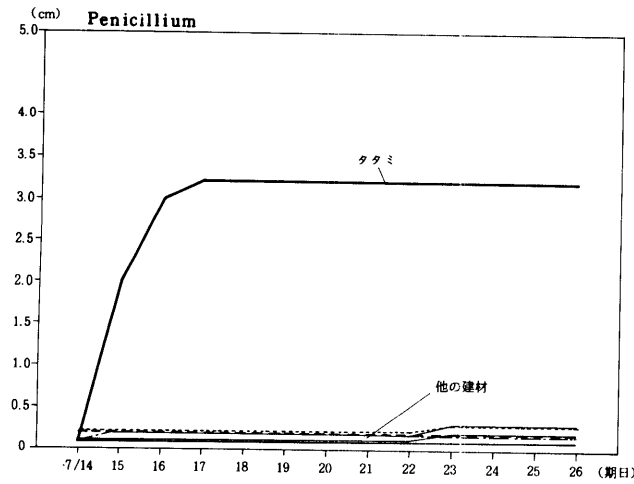


図 6-5 建材の温度25°C、湿度100%の成長速度の例

図 6-6 畳表の温度25°C、湿度5段階の成長速度の例

図 6-5 に示す。

畳表の温度25°C、湿度5段階の成長速度を図 6-6 に示す。

木材、ボード類、畳表などに成長の差こそあれ、カビが成長することが明らかになったが、畳表はいぐさの栄養分が豊富であるのに加えて管状になっていることから、水分の保持が良く、良く成長するものと思われる。湿度の変化では、66%でも成長することが確認され、実際の居住環境で、夏期、冬期の暖房器具の選択によっては、カビの増殖することが十分考えられる。

### 6-3. 培養温度条件の変動による成長への影響

#### 1) 研究目的

実験条件（設備・計器など）などの制限によって、変動を考慮に入れた実際的な温、湿度条件下の、建築環境における菌類の育成に関連する研究はこれまでに一部を除いて殆ど行われていないのが実状である<sup>文-8)9)</sup>。

本研究は人工的に代表的な建築環境温、湿度（季節・場所別）条件のシミュレーションを実現し、菌類の育成性状、特に、各材料（建築材料・日常用品など）表面での菌類の育成性状の把握および防止対策の提案を図るこ

とを目的としている。本報告では建築環境温、湿度のシミュレーションの実現を重点において報告する。

#### 2) 建築環境温、湿度のシミュレート方法

温、湿度の制御方法は多数あるが、運転の安定性と本研究への適合性を考慮して次の方法を検討した。

##### (1) 市販小型環境試験装置での温、湿度制御

##### ① 装置概要

この装置は幅広い環境条件（温度、湿度、照度）のシミュレートが可能な小型環境創造装置で、各種の試験、研究の環境条件の制御に用いられる。

##### ② 実験場所と測定方法

実験装置は国立公衆衛生院建築衛生学部の微生物実験室に設置され、実験期間中室内温度が $25 \pm 5$ °Cで、湿度が $40 \pm 10$ %であった。

測定は装置自体に付いているセンサーでの検出と、温、湿度測定専用データロガーであるACRでの測定によって行った。

##### ③ 実験結果

次の実験設定条件に関して、運転テストした。

パターン I：定温、定湿条件での運転

パターン II：温度制御範囲のチェック

- パターンIII：温、湿度共に周期的に変動
- パターンIV：湿度制御範囲のチェック
- パターンV：夏季大気温度のシミュレーション

#### ④ 結論

小型環境試験装置による温、湿度制御は、温度の方が一定温度と周期的な建築環境の気温の変動のシミュレーションとして実用できるが、湿度の制御が運転の不安定、高湿区域での結露および設定値との誤差が大きいため、本研究に応用するのは不適合だと考える。

#### (2) 湿度のコントロール方法

相対湿度が一定の環境を実現するため、塩化カルシウム水溶液の飽和状態の表面付近、空気の相対湿度が安定し、しかも塩化カルシウム水溶液の濃度による変動する原理を用いて、密閉プラスチックケースの中に一定濃度の塩化カルシウム水溶液を入れて、中の空気の相対湿度を所用値としている。

#### 3) 菌類の育成実験

##### (1) 温、湿度の設定条件

温度条件は一定温度 (25°C) と周期的に変化 (サインカーブ：15~35°C) 2 ケースを設けた。

湿度条件は100%, 89.8%, 86%, 76.2%, 65.9%, 55.3% の6 ケースであった。

##### (2) 培地および使用した菌の種類

培地は PDA 培地 (クロラムフェニコールを添加) をローダックプレート表面に薄く塗布・乾燥させたものである。

使用した菌は *Cladosporium cladosporia* であった。

##### (3) コロニーサイズの計測方法

植え付け用培地のローダックプレートの上に直交する2軸を計測方向として決めておき、計測は顕微鏡とモニターテレビにより直交する2軸でコロニーサイズを測定した。

##### (4) 実験結果

直交する2軸での測定値を平均しコロニーサイズとしてその結果は図6-7、図6-8に示す。

#### 4) 結論と考察

建築環境における菌類の育成状況を把握するために、変動的な温、湿度条件のシミュレーションを実現し、本テーマの研究に応用して、1種類の菌の育成実験を行った。周期的に温度変化させたものの成長速度が一定温度でのものよりかなり低くなる (60%) ことがわかった。また、両方共湿度76.2%以下の場合成長しなかった。

培養温度の適合、湿度制御方法の改良、菌類の拡大および培地材料の選定は今後のテーマである<sup>文-10)</sup>。

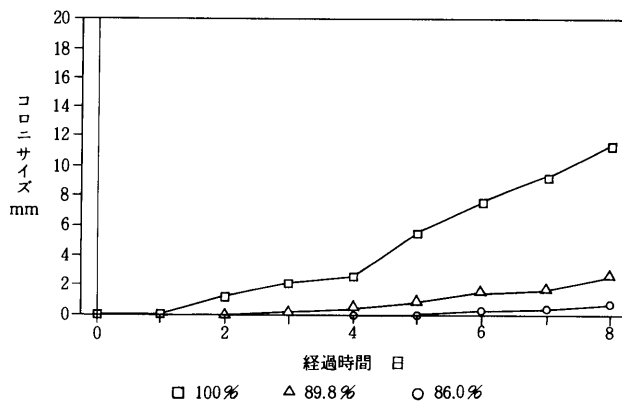


図6-7 温度を15~35°Cのサインカーブで変動させたときの成長速度

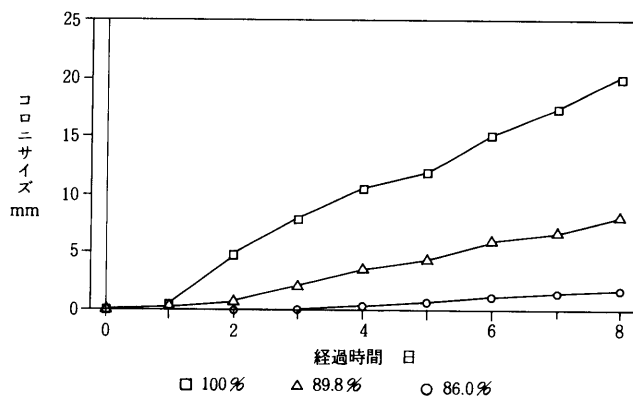


図6-8 温度一定 (25°C) のときの成長速度

## 7. 住宅におけるカビアレルギーとその防止に関する提言

### 7-1. 研究の推進

住宅のみならず、一般ビルなどにおいても、カビの害はシックビル症候群と言われるアレルギー症状を含めた世界的な問題となっている。しかしその対策には医学的、工学的なもののみならず生活様式、環境教育、社会的な生活レベルを含んだ複雑な問題となっている。このテーマに関しては基本的にさらなる研究が必要であり、その課題の例として次のものが挙げられる。

- ①室内空気汚染におけるカビ汚染の位置付け
- ②カビ被曝量とアレルギー発症の関係
- ③被曝量と環境の関係
- ④支配的な要因の推定あるいは決定
- ⑤カビ成長の要因
- ⑥カビ防止のための建築構造
- ⑦カビ防止のための住まい方
- ⑧カビ防止のための建築材料の開発
- ⑨カビ汚染の評価法
- ⑩カビ汚染の予測

現段階で我々が有する対策に結びつく知見は極めて限られているが、現実起きている問題に関しては、最終的な結論を待たずに、医学・工学など種々の段階での対

策を行う必要がある。

ここでは、とりあえずの現段階での対策、根本的な対策および将来における対策についてまとめる。

## 7-2. 現段階での対策

### (1) アレルギー対策

#### ① 環境に関連すると思われる患者の場合

カビと関連があるか否か？

あり→基本的情報の把握

種・属

被曝量の予測

存在場所・被曝場所

被曝のメカニズム

→被曝量減少策→→(2)

除去対策→→(3)

生活様式の改善による被曝減少策

殺カビ剤・防カビ剤

清掃

→環境の改善

→生活様式の改善

#### ② アレルギーの発症を予防するための方法

アレルギーの素質を有する者にはその恐れに応じて前項の対策に準ずる。

### (2) 被曝量の低下

①室内からカビを除去する。

②室内にカビの生育するような条件をつくらぬように努める。

③ある量の換気を確保しておく。

④室内空気を乱すときは、換気などにより飛散したカビを排出する。掃除や布団の上げ下ろしなどでは、室内空気を著しく攪乱し、一時的に高濃度となるので、窓開けにより大量の換気を行うと極めて短時間で減衰する。

⑤真空掃除機は、カビ孢子が捕捉できる性能のものをいい、使用中は窓を開けておく。カビ孢子は比較的大きいので、市販の高性能の掃除機で除去できる。しかし、捕集袋の装着方法などにより流出したり、一時に多量のごみを吸い込んだりするときには瞬間的に流出が起こることがある。

⑥ルームクーラーを運転するとき、スイッチを入れたときに放出される場合があるので、窓を開けておくことが望ましい。フィルターの清掃を励行すること。

⑦拭き掃除をすることで落下した粒子を除去できるが、清潔な布を用いないと菌類を拡散させる恐れがある。

⑧加湿器の維持管理には細心の注意が必要である。できればスプレイ型のは避け、加熱蒸発型のものを用いる。スプレイ型の場合は清掃方法を厳守する。

### (3) 環境からのカビの除去

現在居住の行われている室内での汚染対策：一般の室

内はそれほどカビの生育しやすいものではない。カビ成育に適した条件になるのを防ぐことが大切である。

①カビの生えやすい場所：浴室、外壁、押入れ、地上階

②材料に応じた対策：殺菌、清拭、材料の取り替え

③成育の防止：高湿度の防止←断熱性・水蒸気濃度の低下・透湿性の低下

④防カビ剤の施行

## 7-3. 根本的対策

### (1) 建設時の対策

①材料の相対湿度がカビ成育に適した範囲にならないように、構造的な考慮を行う。断熱層および防湿層の量と位置関係を適正とする。

②あらゆる部分で、壁体や床・天井表面の温度が露点温度以下にならないようにする。

③外気に面した壁をもつ押入れを避ける。

④最下階や外気に接した床にカーペットを敷くときには、特に断熱に注意し、カーペット下面で露点温度以下にならないように図る。

⑤水蒸気除去のためにも換気方法の確立を図る。

⑥風呂場などからの水蒸気が他の室に流れるのを防ぐことができる構造とする。

⑦各室に自然換気口を設ける。

### (2) 居住者の対策

①カビの生えるメカニズムを心得ておく。

②カビの生えやすい環境条件をつくらないようにする。

③過度の水蒸気を室内に放出しない。

④適当な換気を確保する。

⑤浴室など水を使用する室から、水蒸気が他の室に流出しないようにする。

⑥家具などを外壁に接して設置しない。置くときは5 cm程度の空間をおく。

⑦押入れでは、一般に温度が低下するので相対湿度が上昇する。壁面に直接収納物を接触させないように図る。

⑧浴室ではカビの発生が避けられないのが普通である。随時消毒と清掃を図る。外気に面した窓がない浴室では、入浴中のみならず、入浴後も数時間は機械換気を行う必要がある。できれば連続運転が望ましい。

⑨壁の断熱性の低い建物では、開放型のストーブを使用すると、壁面の結露あるいは高湿度化が避けられない。適切な換気が必要である。

## 7-4. カビ対策の環境教育

①カビの害についての知識

②住居内でのカビ成育のメカニズム

③カビの成育条件

④建築的対策

⑤居住者としての対策



- ⑥関連製品の影響と対策
- ⑦環境教育の対象者：行政官，建築設計者，建設業者，住宅分譲者，工業化住宅供給者，賃貸住宅オーナー，教師，医師，保健行政関係者，住民

#### 7-5. 建築環境でのカビ害防止のための技術開発

- ①成育に適した条件の発生するメカニズム
- ②建築環境におけるカビの成育特性
- ③カビの生えない建築材料の開発
- ④カビの生えない建築工法の開発
- ⑤カビの成育度の評価方法の開発
- ⑥カビの生えやすさの評価方法
- ⑦安全な防カビ剤とその使用方法の開発
- ⑧材料に影響せずに殺菌できる方法の開発
- ⑩空調装置の防カビ対策の開発
- ⑪空調装置の殺菌方法
- ⑫室内仕上げなどの殺菌方法
- ⑬建築環境の殺菌効果の評価方法
- ⑭環境被曝量の評価方法
- ⑮環境汚染量の評価方法の開発

### 8. むすび

本報告は近年社会的に問題となっているカビによるアレルギーの予防について，医学，建築学，生物学，家政学の面から総合的に調査したものである。

まず，小児アレルギー疾患とカビについて，新たに考案した診断法に基づき，カビによる影響が明らかになり，アレルギーとしてダニ，ハウスダストに続いてカビが多かった。また，布団干しなどの生活行為がカビと深い関係が予想された。

郡山市営住宅において，夏期，冬期に住宅環境条件の測定調査と，同時にアンケート調査を行った。建設時期が古い場合断熱処理が行われておらず，且つ室内の暖房温度が低い場合，北側壁面には結露とカビの発生と汚染が多くみられた。冬期測定では回収100票中37戸で，夏期の測定では50%の回答でアレルギー疾患がみられた。

本研究の調査対象では，住宅に成育するカビとして，Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Sporobolomycesなどがみられた。

住宅における被曝量推定のためのパッシブ型の測定法として落下法の可能性を確かめるため，種々の開放時間の比較を行った結果，まだ多くの問題点があり，これらある程度解決すれば，利用し得ることがわかった。

住宅環境におけるカビの成育について，木造住宅において夏期・冬期に水蒸気濃度とカビ発生の実験的調査を行った。また木材，合板，畳表などの代表的な建材について各種の温度および相対湿度のもとにおける6

種類のカビの成長速度を求めた。また，Cladosporiumについて，培養温度条件を変化させたものと，一定のものとを比較し，変化させたものが成長速度が低くなることを明らかにした。

以上の研究結果に在来の知見を加えて，現状でのカビアレルギー予防対策を，幾つかの段階についてまとめた。

この種の研究では，評価方法の開発からスタートせねばならなかったため，十分な共同研究とならなかった面がある。また，建築環境のカビ成育の予防と対策についての基礎的データが不十分であり，今後の研究の蓄積と発展が望まれる。

#### <参考文献>

- 1) 中川武正，高石敏昭，坂本芳雄，宮本昭正，中沢次夫，小林節雄：遅発型気管支反応におけるアレルギー特異的IgG<sub>4</sub>抗体，アレルギー33：pp. 879-883, 1984.
- 2) Gerirtseu J, Koeter GH, Monchy JGR, and Kind K. : Allergy in subjects with asthma from childhood to adulthood. J Allergy Clin Immunol. 85 : pp. 116-125, 1990.
- 3) Skassa-Brouek W, Bousquet J, Mendearde JL, and Michael FB : Variation of skin tests according to the age of the patients. J Allergy Clin Immunol. 75 : pp. 195~, 1985.
- 4) 橋本 奨：空气中細菌密度の簡易測定法，日本衛生学雑誌13(2)，pp. 257~294, 1958
- 5) 乗木 秀夫：環境衛生における空中細菌（第1報）空中細菌検査法について，産業医学（第6集）2(4)，pp. 235~248, 1949.
- 6) 吉澤 晋，菅原 文子：建築空間における空中浮遊微生物粒子の評価方法に関する研究（第5報）空中浮遊粒子濃度と落下量の関係，日本建築学会計画系論文報告集第391号，pp. 32~38, 1989.
- 7) 石堂 正三郎，田中 太美枝，中川 立子：居住内の空気条件について，特に塵埃数及び細菌数についての考案，大阪市大家政学部紀要3巻4号 pp. 127~135, 1956.
- 8) 大槻 虎雄：Proc. Imp. Acad., Tokyo, Vol. 19, pp. 688~692, 1943
- 9) 菅原 文子，吉澤 晋：日本建築学会計画系論文報告集(383)，pp. 1~7, 1988.
- 10) 吉澤 晋，湯 懐鵬，菅原 文子：日本防菌防黴学会18回年次大会要旨集，1991.

#### <研究組織>

- |    |      |             |
|----|------|-------------|
| 主査 | 吉澤 晋 | 東京理科大学工学部教授 |
| 委員 | 飯倉洋治 | 国立小児病院研究部長  |
|    | 松前昭廣 | 北里大学衛生学部教授  |
|    | 菅原文子 | 郡山女子大学教授    |
|    | 小峯裕己 | 千葉工業大学助教授   |