報　文

室内塵中のカビ汚染の現状

濱　田　信　夫
大阪市立環境科学研究所

Recent Fungal Contamination of House Dust in Dwellings

Nobuo HAMADA
Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences: 8-34 Tojo-cho, Tennoji-ku, Osaka 543-0026, Japan

Abstract

The fungal flora in the house dust of dwellings was examined in both the winter and summer of 2006. The xerophilic fungi, *Aspergillus restrictus* and *Wallemia*, which grow in house dust, were markedly abundant as well as *Cladosporium* and *Penicillium*. The average numbers of fungi detected were larger in tatami dust than in carpet dust or in flooring dust. Floor materials, for example whether the carpet was wool or synthetic, affected the fungal contamination of house dust. Fungal contamination was found to be less on upper floors, in houses located on flat land than on the first floor or on sloping land. More fungal contamination was detected in older dwellings of 26 years or more than in newer ones of 25 years or less. The fungal count in the house dust of rooms with daily use of air-conditioning in summer and heating in winter was about half of that in rooms rarely heated or air-conditioned. Factors removing moisture from the room atmosphere and floor were thought to reduce the fungal contamination of house dust.

Keywords: house dust, fungal contamination, xerophilic, moisture

Ⅰ．はじめに

住宅のカビ汚染は水回りだけではない。タタミやカーペットなどの室内塵中にも多くのカビ汚染が見られることが知られている［1］。また、室内塵中には、屋外から風で運ばれてきたカビの胞子が付着しているだけではない。タタミやカーペット中で生育しているカビの胞子が多く含まれている。しかし、室内塵中のカビ相は、浴室や台所等の水回りのカビ相とは全く異なっている［2］。室内塵中のカビ相で､最も特徴的なカビは、*Aspergillus restrictus* や *Wallemia sebi* 等の好乾性真菌と言われるカビで、水分活性のやや低い基質、Aw 値が 0.70 から 0.80 でよく繁殖するカビある。室内塵は十分に乾燥していればいずれのカビも生育できないが、少し湿れば好乾性のカビが繁殖すると考えられている［1］。

住宅のカーペットやタタミなどの中で生育しているカビの胞子は、ホコリと共にしばしば空中に巻き上げられる。私達が多くの時間を過ごす居間などの室内塵がカビ汚染していると、健康被害が心配される。その第一は、空気中のカビ胞子を大量に吸い込んで起こる気管支喘息やカビ原因性アレルギー疾患であろう［3］。そして、室内塵中に多く認められる好乾性真菌は真菌性のアレルギー疾患の原因の大きな部分を占めていると言われている［4］。

本調査では、住宅内のカビ被害あるいは健康被害に対応するため、室内塵中のカビ数に着目し、一般住宅のタタミやカーペット等のカビ汚染の現状を把握すると共に、その原因を検討した。壁面などのカビ汚染と異なって、室内塵中のカビ汚染は採取者に目視されにくいために、客観的なデータを得やすい利点がある。

〒543-0026　大阪市天王寺区東上町8-34
E-mail: n-hamada@city.osaka.lg.jp

室内塵中のカビ数は、壁の内部など他の部分のカビ被害の予報にも有効であり、住宅や部屋ごとのカビ汚染を量的に比較する場合のよい基準になると思われる。

同様の調査は、1989 年の冬と夏、1999 年夏にも行った［5-7］。しかし、89 年は調査世帯数の多い夏でも、35 世帯で行ったのみで、汚染状況を把握するのに十分とは言えなかった。ここ 20 年ばかりの間にも、私達の住宅内の環境は非常に変化したように思われる。住宅の気密化や断熱化が次第に進んできたといわれている［8］。また、床も、カーペットやタタミからフローリングへと変更され、稲床のタタミに変わって化学畳が普及してきた。

本調査は、100 世帯以上の住宅で行った。17 年前に比してフローリングの部屋が増加したために、今回はタタミ、カーペットに加えて、フローリングについても室内塵中のカビ汚染を調べた。室内環境や生活様式についてのアンケート調査を詳細に行うことによって、住宅の室内塵のカビ汚染の原因やその対策についても検討した。

Ⅱ．調査方法

大阪市及びその周辺の一般住宅で、冬と夏に調査した。冬の調査は 51 世帯で、2006 年 1-2 月に、夏の調査は 110 世帯で、2006 年 7-8 月に、カビ数を測定するために室内塵を採取すると共に、カビ汚染に関連すると思われる要因についてアンケート調査を実施した。

室内塵の採取は、各世帯当たりタタミ、カーペット、フローリングの 3 部屋について行い、その部屋のない場合は省いた。試料の採取は、各家庭の掃除機のノズルのつなぎ目部分に、集塵捕集用の低発塵性ワイパー『BEMCOT』（ガーゼ状のもの）を取り付け、各種類の床上を掃除した。5m^2 以上のできるだけ部屋全体から約 2 分間、室内塵を採取するように試みた。採取された室内塵は概ね 50-300mg で、いずれのワイパー上にも厚みのあるホコリの塊が見られた。室内塵のサンプルは、できるだけ髪、毛屑、砂などを除いた後、50-70mg をカビの測定に用いた。

室内塵のサンプルを 100ml の滅菌水に懸濁させ、ミキサーでよく混ぜ、通常 200-20,000 倍に希釈した。好乾性真菌も検出可能な DG18 培地（Dichloran-Glycerol 培地）を添加した 2 枚のシャーレの各々に、希釈液を 0.5ml ずつ植菌した。その後、25℃ のインキュベーターで、8-10 日間培養後、カビのコロニー数の測定やカビの種類の同定を試みた。カビのコロニーが全く検出されなかったサンプルについては、再度、残りのサンプルを 10ml の滅菌水に懸濁させて、カビの検出を試みた。なお、胞子を形成していないカビについては、PDA の斜面培地に接種して、カビ属の同定を試みた。

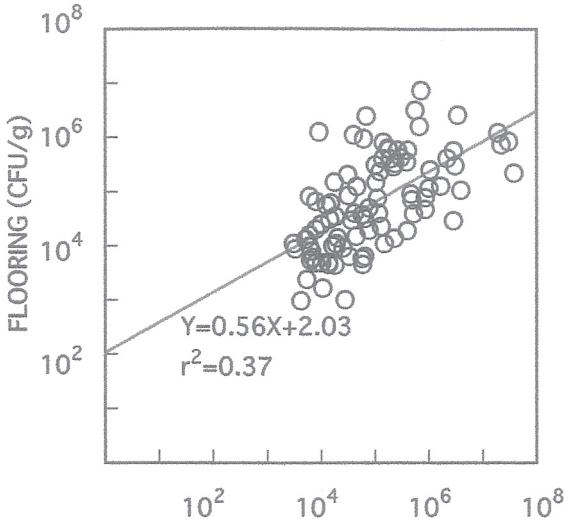

Fig.1 Relationship of fungal count in house dust between tatami and flooring
Plot shows fungal count detected in house dust from tatami and flooring of 89 dwellings in summer.

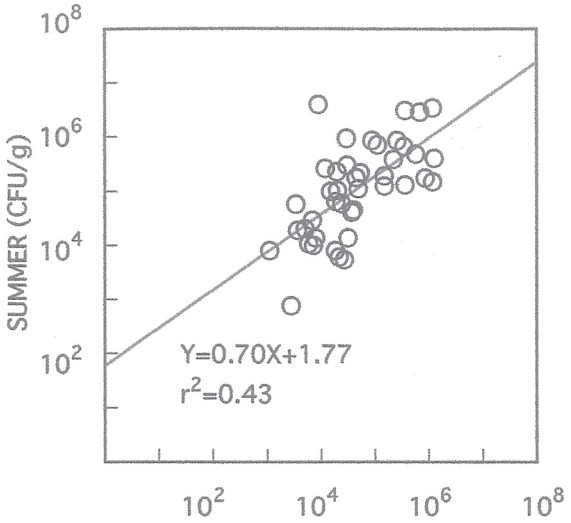

Fig.2 Relationship of fungal count in house dust between summer and winter
Plot shows fungal count detected in house dust collected from 42 tatami in summer and winter.

室内塵 1g 当たりのコロニー形成数（cfu）としてカビ数を示した。ただ、Table 2 の各種類のカビ数は 1mg 当たりの cfu を示した。得られたカビ数の値は対数に換算し、各 Table で平均カビ数 ± 標準誤差を示した。また、分かりやすいように平均数については常数でも示した。カビ数の検出限界は 200cfu/g だった。

アンケートでは、住宅の立地条件、サンプリングした各部屋の環境条件、使用状態、掃除頻度等について質問した。様々な要因とカビ数の関係について、夏と冬の両季節に調査した。多くの場合にその結果が類似していたので、本文では主として夏の結果についてのみ示した。各要因についてカビ数の平均値を求め、t 検定を行って、得られた平均値に有意差があるか否かを調べた。平均カビ数が有意に多い場合は * をつけた。

Ⅲ．結　果

1．室内塵中のカビ相の特徴

タタミ、カーペット、フローリングのいずれでも、10^4-10^5cfu/g のカビ数の部屋が多かった。各室内塵のカビ数は、10^3cfu/g から 10^7cfu/g を越える部屋まで、カビ数に 10,000 倍以上のバラツキが見られた（Fig. 1）。カビ数のバラツキは、対数に対して正規分布を示した。

Table 1 Fungal contamination in house dust in three floor type

	Summer			Winter		
Floor	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Tatami	97	4.93±0.10	8.58	44	4.75±0.14	5.61
Carpet	76	4.54±0.09	3.45	40	4.39±0.13	2.28
Flooring	103	4.72±0.09	5.23	42	4.51±0.11	3.23

($\times 10^4$cfu/g)

Table 2 Fungal flora in house dust of various floors in summer in 110 houses

	Tatami		Carpet		Flooring	
Fungal name	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Acremonium	0.06±0.03	1.15	0.00±0.00	1.00	0.01±0.01	1.01
Alternaria	0.14±0.04	1.38	0.02±0.01	1.05	0.09±0.03	1.23
Arthrinium	0.12±0.03	1.31	0.08±0.03	1.22	0.07±0.02	1.17
Aspergillus	0.33±0.06	2.12	0.22±0.05	1.67	0.21±0.05	1.63
A. restrictus	1.11±0.13	12.90	0.74±0.11	5.46	0.79±0.11	6.23
Aureobasidium	0.11±0.04	1.28	0.07±0.02	1.18	0.08±0.03	1.21
Cladosporium	0.85±0.09	7.12	0.65±0.08	4.45	0.80±0.08	6.25
Eurotium	0.16±0.06	1.46	0.12±0.04	1.32	0.14±0.04	1.38
Fusarium	0.09±0.04	1.23	0.09±0.03	1.22	0.03±0.02	1.07
Paecilomyces	0.04±0.02	1.10	0.01±0.01	1.02	0.03±0.01	1.06
Penicillium	0.40±0.06	2.53	0.18±0.04	1.52	0.49±0.07	3.09
Pestalotiopsis	0.02±0.01	1.05	0.01±0,01	1.03	0.00±0.00	1.00
Phoma	0.13±0.04	1.36	0.13±0.05	1.36	0.14±0.04	1.39
Trichoderma	0.23±0.06	1.69	0.09±0.04	1.24	0.09±0.03	1.23
Wallemia	0.54±0.09	3.43	0.57±0.10	3.69	0.67±0.10	4.64
Other	0.14±0.04	1.39	0.17±0.05	1.47	0.17±0.05	1.47
Unknown	0.21±0.05	1.61	0.10±0.04	1.27	0.18±0.05	1.52
Mold count	1.95±0.10	89.64	1.56±0.09	36.56	1.74±0.09	54.83
Rhodotorula	0.28±0.07	1.92	0.06±0.03	1.15	0.18±0.05	1.52
Other yeast	0.08±0.04	1.22	0.20±0.06	1.58	0.22±0.06	1.68

Aspergillus indicates mold other than A. restrictus. (cfu/mg)

また、夏と同様に、冬にも部屋ごとにカビ数の大きなバラツキが見られた（Fig. 2）。

タタミの室内塵中のカビ数がもっとも多く、例えば、夏の平均カビ数は 8.58×10^4cfu/g で、その後、フローリングの 5.23×10^4cfu/g、カーペットの 3.45×10^4cfu/g と続いた（Table 1）。同様の傾向は冬についても見られ、例えば、冬のタタミの平均カビ数は夏の約 2/3 の 5.61×10^4cfu/g だった。カーペットもフローリングでも冬のカビ数は、夏の場合の約 2/3 だった。

住宅ごとの各種類の床の室内塵中のカビ数間に相関が見られた。例えば、タタミとフローリングのカビ数の相関係数は $r^2=0.37$ で、信頼限界は $P<0.001$ だった（Fig. 1）。また、タタミなどいずれの種類の床でも、夏と冬の室内塵中のカビ数に相関が見られた（Fig. 2）。例えば、タタミの室内塵の夏と冬のカビ数の相関係数は $r^2=0.43$ で、信頼限界はやはり $P<0.001$ だった。

室内塵中に最も多いカビは好乾性カビである *A. restrictus* で、*Wallemia* も多く見られた（Table 2）。例えば、タタミの場合には、*A. restrictus* を含む *Aspergillus* に続いて、*Cladosporium*, *Wallemia*, *Penicillium* という順で、より多くの個体数が認められた。カーペットでもフローリングでもほぼ同様に、これらの 4 属が優占していた。ただ、その平均カビ数は床の種類によって多少異なる。とりわけタタミの場合に、*A. restrictus* のカビ数は次に多い *Cladosporium* に比して約 2 倍だが、フローリングでは *A. restrictus* と *Cladosporium* がほぼ同数だった。また、ほとんどのカビ数がタタミに比してフローリングでは少ないのに対して、*Penicillium* や *Wallemia* は、フロー

Table 3 Effect of landform on fungal contamination of house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Landform	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Flat	73	4.88±0.11	7.57	59	4.48±0.10	3.02	79	4.64±0.10	4.32
Slope	24	5.10±0.19	12.56	17	4.74±0.23	5.50	24	4.99±0.18	9.79*

*Asterisk indicates significantly elevated average. ($\times10^4$cfu/g)

Table 4 Effect of house style and story on fungal contamination in house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Style-story	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Condominium 1F	9	5.46±0.49	28.55*	5	4.79±0.27	6.23*	8	4.90±0.35	7.91*
Condominium 2F	6	4.00±0.14	1.00	5	3.92±0.10	0.84	8	3.99±0.21	0.98
Condominium 3F-	19	4.27±0.14	1.86	16	3.96±0.19	0.91	22	4.28±0.19	1.89
Detached 1F	37	5.45±0.14	28.38*	34	4.92±0.14	8.24*	43	5.10±0.13	12.47*
Detached 2F	26	4.71±0.13	5.17	16	4.45±0.15	2.85	22	4.62±0.18	4.18

*Asterisk indicates significantly elevated average. ($\times10^4$cfu/g)

Table 5 Effect of facing direction of room on fungal contamination in house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Direction	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Center	8	5.29±0.50	19.68*	4	4.51±0.54	3.23	15	4.84±0.28	6.85
East	19	4.63±0.16	4.26	17	4.70±0.16	5.05	17	4.54±0.21	3.47
North	16	4.78±0.26	6.00	17	4.44±0.20	2.78	13	5.54±0.24	35.00*
South	49	5.06±0.14	11.59*	34	4.55±0.14	3.56	50	4.48±0.11	3.05
West	9	5.05±0.27	11.17*	6	4.40±0.35	2.51	11	5.02±0.25	10.36

For example, north-east is counted in both north and east. ($\times10^4$cfu/g)
*Asterisk indicates significantly elevated average.

リングの方が多かった。

2．各部屋の立地や環境条件

平坦地にある住宅に比して、傾斜地にある住宅は、平均カビ数の多い傾向が見られた（Table 3）。例えば、フローリングの場合は、平坦地では 4.32×10^4cfu/g に対して、傾斜地では 9.79×10^4cfu/g と有意差が認められた。タタミやカーペットでも同様の傾向が認められた。

いずれの種類の床でも、集合住宅と一戸建ての同じ 1 階の室内塵の平均カビ数は類似していた（Table 4）。例えば、集合住宅の 1 階のタタミのカビ数は 28.55×10^4cfu/g に対して、一戸建てでは 28.38×10^4cfu/g だった。1 階より上層階の方が、集合住宅でも一戸建てでもカビ数は有意に少ないが、上層階のカビ数は、集合住宅と一戸建てでは大きく異なった。即ち、タタミの場合、集合住宅の 2 階では 1.00×10^4cfu/g に対して、一戸建ての 2 階では約 5 倍の 5.17×10^4cfu/g だった。3 階以上のカビ数は 2 階のカビ数と類似していた。同様の傾向は、カーペットでもフローリングでも見られた。

さらに、床の種類間で比較すると、集合住宅の上層階の平均カビ数は、いずれの種類の床でも、0.84-1.89×10^4cfu/g と類似しているのに対して、一階のタタミのカビ数は、カーペットやフローリングの場合より約 4 倍多かった。同様の傾向は一戸建てでも見られた。

部屋の方向とカビ数の関係は、床の種類によって傾向が異なっていた（Table 5）。例えば、フローリングのカビ数は北向きの場合は 35.00×10^4cfu/g で、南向きの 3.05×10^4cfu/g に比して 10 倍以上多く、有意差が認められた。一方、タタミやカーペットのカビ数は南向きより、むしろ北向きの方が少なかった。

いずれの種類の床でも新しい住宅ほどカビ数が少なく、古い住宅ほど、とりわけ築後 26 年以上の住宅でカビ数が多い傾向が見られた（Table 6a）。例えば、フローリングの場合、築後 5 年以下では 2.77×10^4cfu/g、6-10 年では 4.53×10^4cfu/g に対して、26 年以上では 11.96×10^4cfu/g と有意に多かった。

改築した場合もあるため、改築以降の年数とカビ数との関係を調べた（Table 6b）。いずれの種類の床でも、築後年数の場合より、26 年以上の住宅のカビ数の高い傾向がより顕著になった。例えば、26 年以上のフローリングでは、改築年数を加味することによって、カビ数は 11.96×10^4cfu/g から 24.21×10^4cfu/g になった。改築することによってカビ数が減少することがわかった。

Table 6a Fungal contamination of house dust in summer in houses of various age

	Tatami			Carpet			Flooring		
Years	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
-5	11	4.73±0.23	5.41	11	4.09±0.20	1.22	15	4.44±0.19	2.77
6-10	14	5.00±0.22	9.96	9	4.77±0.33	5.91*	17	4.66±0.20	4.53
11-25	44	4.78±0.14	5.97	36	4.43±0.12	2.69	44	4.62±0.14	4.12
26-	28	5.23±0.21	16.85*	20	4.87±0.19	7.50*	27	5.08±0.18	11.96*

*Asterisk indicates significantly elevated average. (×10^4cfu/g)

Table 6b Fungal contamination of house dust in summer in houses according to number of years since refurbishment

	Tatami			Carpet			Flooring		
Years	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
-5	15	4.88±0.21	7.58	15	4.19±0.16	1.56	20	4.50±0.16	3.15
6-10	16	4.99±0.20	9.75	9	4.77±0.33	5.91	20	4.62±0.19	4.17
11-25	45	4.72±0.14	5.24	38	4.43±0.12	2.69	44	4.58±0.14	3.76
26-	21	5.39±0.24	24.42*	14	5.05±0.23	11.23*	19	5.38±0.21	24.21*

*Asterisk indicates significantly elevated average. (×10^4cfu/g)

Table 7 Comparison of fungal contamination of house dust in various rooms in summer

Room	Tatami			Carpet			Flooring		
	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Bed	40	4.73±0.14	5.42	7	4.56±0.23	3.64*	4	4.89±0.21	-
Children	1	5.66	-	9	3.86±0.20	0.73	6	4.30±0.31	1.99
Guest	24	5.30±0.18	20.11*				2	5.11	-
Passage				3	4.15±0.24	-	22	4.99±0.18	9.73*
Kitchen/dining kitchen				5	3.98±0.33	0.96	26	4.77±0.19	5.92
Living	24	4.77±0.23	5.84	46	4.77±0.12	5.93*	41	4.55±0.15	3.57
Study	6	5.15±0.39	13.97	3	4.33±0.32	-			
Other	1	5.67	-	2	4.65	-	1	4.95	-

Fungal count is indicated when 5 dwellings or more examined. ($\times 10^4$cfu/g)
*Asterisk indicates significantly elevated average.

Table 8 Effect of materials of floor on fungal contamination of house dust in summer

Material of surface of tatami

Material	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Chemical texture	6	4.23±0.24	1.70
Straw	73	5.00±0.11	10.01*
Other	1	5.11	-
Unknown	17	4.94±0.27	8.62

Materials of carpet

Material	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Chemical texture	33	4.49±0.11	3.07
Mixture	21	4.45±0.21	2.83
Wool	7	4.85±0.38	7.14
Other	2	5.32	-
Unknown	13	4.52±0.20	3.29

Materials of flooring

Material	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Plastic	62	4.59±0.12	3.93
Wood	20	4.92±0.21	8.31*
Other	4	5.39±0.44	-
Unknown	17	4.77±0.18	5.95

($\times 10^4$cfu/g)
Fungal count is indicated when 5 dwellings or more examined.
*Asterisk indicates significantly elevated average.

3．部屋の使用法とカビ汚染

部屋の使用目的によって床の種類も大きく異なった（Table 7）。同じ種類の床の場合を比較すると、タタミの場合は、座敷の平均カビ数が 20.11×10^4cfu/g と、寝室や居間に比して有意に多く、フローリングの場合は、廊下が 9.73×10^4cfu/g と、居間や台所に比して有意に多かった。

各床の素材が天然の場合と人工の場合について平均カビ数を比較した（Table 8）。タタミ表の場合、人工繊維の平均カビ数は 1.70×10^4cfu/g で、い草のカビ数 10.01×10^4cfu/g の約 1/6 だった。カーペットの場合、化繊のカーペットのカビ数は 3.07×10^4cfu/g で、ウールのカビ数 7.14×10^4cfu/g の 1/2 以下だった。同様に、フローリングについても、プラスチック製の方が、木製の床よりカビ数は有意に少なかった。

いずれの種類の床でも、毎日冷房する場合には、ほとんど冷房しない場合に比して、カビ数は有意に少なかった（Table 9）。例えば、カーペットの場合、毎日エアコンを使用する場合のカビ数は 2.27×10^4cfu/g と、ほとんど使用しない場合の 7.17×10^4cfu/g の約 1/3 だった。タタミやフローリングでも同様に、有意差が認められた。

冬の調査から、暖房した部屋の方が、暖房しない部屋よりカビ数の少ない傾向が見られた（Table 10）。例えばフローリングでは、ほとんど暖房しない場合の平均カビ数が 5.10×10^4cfu/g に対して、毎日暖房する場合には約 1/2 の 2.33×10^4cfu/g と有意に少なかった。なお、タタミでも同様の結果が得られたが、カーペッ

Table 9 Effect of air-conditioner on fungal contamination of house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Frequency	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Daily	34	4.49±0.12	3.06	42	4.36±0.11	2.27	51	4.44±0.11	2.76
Sometimes	16	5.21±0.26	16.28*	10	4.54±0.23	3.48	13	5.12±0.26	13.12*
Less than once a week	47	5.16±0.15	14.52*	24	4.86±0.18	7.17*	39	4.95±0.16	8.87*

Sometimes indicates once to three times per week. ($\times 10^4$cfu/g)
*Asterisk indicates significantly elevated average.

Table 10 Effect of heater on fungal contamination of house dust in winter

	Tatami			Carpet			Flooring		
Frequency	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Daily	17	4.57±0.26	3.68	30	4.42 ±0.16	2.60	23	4.37±0.16	2.33
Sometimes	6	4.40±0.10	2.50	4	4.49±0.27	-	1	4.22	-
Less than once a week	21	5.00±0.18	9.97*	7	4.25±0.24	1.80	18	4.71±0.13	5.10*

Fungal count is indicated when 5 dwellings or more examined. ($\times 10^4$cfu/g)
Sometimes indicates once to three times per week.
*Asterisk indicates significantly elevated average.

トでは暖房しない部屋が少なく、明確な結果は得られなかった。

一般的にカビ対策に有効といわれる掃除や窓開けの頻度と平均カビ数との関係を調べた。いずれの種類の床でも、毎日掃除する場合には、カビ数のやや少ない傾向が見られた（Table 11）。例えばカーペットの場合、毎日掃除する場合のカビ数は 2.03×10^4cfu/g で、しばしば掃除をする場合の 4.40×10^4cfu/g、ほとんどしない場合の 3.29×10^4cfu/g に比してより少なかった。ただ、いずれの種類の床の場合も大きな差は見られなかった。

窓開けとの関係については、例えば、タタミの場合、窓開けをする場合は 8.78×10^4cfu/g とほとんど窓開けをしない場合の 6.37×10^4cfu/g に比して、カビ数に明確な差は見られなかった（Table 12）。また、カーペットやフローリングの場合は共に、窓開けの頻度が高いほど、平均カビ数は有意に多い傾向が見られた。

表には示さなかったが、家族数などの要因については、カビ数との相関は見られなかった。

Ⅳ. 考 察

同じ住宅の部屋間、例えばタタミとフローリングの部屋のカビ汚染に相関が見られた（Fig. 1）。また、夏にカビ汚染の多い部屋では冬にも多い傾向が見られた（Fig. 2）。つまり、カビ汚染の多い部屋があれば、別の部屋も多く、一年を通してカビ汚染が見られる傾向があった。冬のカビは結露、夏のカビは雨漏りと、その原因は季節間で異なると思われる［1］。各部屋に共通する水分の乾きやすさなどの環境要因が、カビ汚染に影響していると思われる。

室内の湿気やカビ汚染に対して、住宅の立地条件が大きく作用することが知られている［6, 7］。平坦地に比べて、傾斜地の住宅にはカビ汚染が多い傾向も見られた（Table 3）。地中にはしばしば水脈が走り、これが住宅内を湿らすと思われる。本調査でも、水分要因の重要性が示唆された。一般に 1 階は、上層階より風が通りにくく湿りやすい。以前の調査でも、上層階の場合より、1 階の場合の方が洗濯機のカビ汚染は多かった［9］。同様の現象は、エアコンや浴室などのカビ汚染でも認められている［2, 7］。本調査でも 1 階のカビ汚染は上層階より著しく多かった（Table 4）。さらには、集合住宅ではこの傾向がより顕著だった。集合住宅の上層階では、階層以外の建築構造などの要因もカビ汚染を抑制している可能性がある。

エアコンは使用時にカビの胞子を放出するが、同時に室内を除湿し、乾燥させる効果があることが知られている［7］。この除湿効果が、室内塵中のカビ汚染を

Table 11 Effect of cleaning on fungal contamination of house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Frequency	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Daily	20	4.78±0.24	6.01	16	4.31±0.18	2.03	25	4.57±0.14	3.69
Sometimes	47	5.01±0.13	10.17	39	4.64±0.14	4.40*	55	4.80±0.13	6.25
Less than once a week	30	4.92±0.18	8.33	21	4.52±0.16	3.29	23	4.70±0.21	4.97

Sometimes indicates once to three times per week. ($\times 10^4$cfu/g)
*Asterisk indicates significantly elevated average.

Table 12 Effect of opening windows on fungal contamination of house dust in summer

	Tatami			Carpet			Flooring		
Frequency	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.	Sample No.	Log(avg.±s.e.)	Avg.
Daily	52	4.94±0.13	8.78	42	4.66±0.13	4.55*	54	4.84±0.13	6.94*
Sometimes	19	5.08±0.15	12.09	17	4.61±0.19	4.07*	23	4.63±0.19	4.24
Less than once a week	26	4.80±0.24	6.37	17	4.17±0.15	1.48	26	4.54±0.16	3.49

Sometimes indicates once to three times per week. ($\times 10^4$cfu/g)
*Asterisk indicates significantly elevated average.

抑制していることが確認された（Table 9）。また、座敷や廊下など、使用頻度の低い部屋でカビ汚染がより多く見られた（Table 7）。使用頻度の低い座敷などでカビ汚染が多いのは、エアコンの使用頻度の低さと関係しているかも知れない。また、暖房に関しても、使用頻度の高いほうが、カビ汚染はより少なかった（Table 10）。冷暖房兼用エアコンなどの水分を発生しない暖房器具は使用によって室内が乾燥して、カビ汚染が抑制されると思われる。

北向きの部屋は乾きにくく、カビが生えやすいといわれている［10］。本調査では、北向きの部屋のタタミやカーペットでは、カビ数が必ずしも多くなかった（Table 5）。北向きの部屋も近年は使用頻度が上昇していることが原因のように思われる。北向きで、エアコンを使用しない廊下では、カビ汚染が多い傾向が見られた（Table 7）。

タタミのカビ汚染は、カーペットやフローリングに比して多かった（Table 1）。カビ汚染がタタミに多い理由は、菌相の特徴から窺うことが出来る。タタミには代表的な好乾性真菌である *A. restrictus* が優占し、個体数も多いのに対して、カーペットやフローリングの場合には *Wallemia* が比較的多い（Table 2）。これは、*A. restrictus* の生育可能な Aw 値が *Wallemia* より低く、利用可能な水分量がより少ない所でも生育できることによると思われる［11］。一見矛盾しているようだが、以下のように理解することができる。カーペット等よりタタミは保水性がよく、少し湿った状態が長く続くために、*A. restrictus* だけが主として繁殖すると思われる。一方、*Wallemia* にとって、利用可能な水分量は、タタミでもカーペットでもフローリングでも少な過ぎ、生育に差はないように見える。また、好湿性カビの *Cladosporium* 等についても同様と言えよう。天然素材にカビ汚染が多いのは、天然素材の方が吸水性・保水性がよりよいことと関連していると思われる（Table 8）。近年、カーペットなどは汚れを除去しにくく、カビやダニが多いと敬遠されてきた［12］。しかし、本調査からは、カーペットにカビが多いとは必ずしも言えないようだ（Table 1）。

カビ汚染の原因として、水分と関係する要因以外に栄養要因がある。カビの栄養源として、ホコリや繊維屑に付着した有機物、菓子屑、フケやアカが考えられる。また、天然素材の床の一部は、カビの栄養になる可能性がある。掃除は、カビと共に、その栄養源を除去する意義があることを既報で強調した［6］。本調査では、使用頻度が高く、カビの栄養となるものが多い居間で、カビは必ずしも多くなかった（Table 7）。また、家族

数が増えても、カビ汚染は増加しなかった。掃除の効果を他の要因、例えば階数の違いや、エアコンの効果に比較しても、必ずしも明確ではなかった（Table 11）。居間などの居住環境中のカビ汚染の一番の制限要因は、栄養より水分条件であると考えてよいだろう。

住宅が古くなると共に、室内塵中のカビ汚染が増加する原因として（Table 6）、カビの栄養が含まれるホコリ等の蓄積等が考えられる。しかし、築後 26 年以上の住宅でカビ汚染が急に増加する現象を、栄養物質の蓄積だけで説明するのは難しい。『省エネ法』に伴って住宅の構造も大きく変化したが［13］、構造の変化が影響している可能性も考えられる。

防カビ対策としてごく一般的な、窓開けの有効性が十分に確認できなかった点は興味深い（Table 12）。以前の著者らの実験でも、換気の防カビ効果が確かめられた［14］。このような結果になった理由の一つに、エアコンの除湿力や強制換気設備のある住宅が近年増加したことが挙げられるかもしれない［13］。このような設備が室内の除湿に大きく寄与し、窓開けの効果が見えなくなったかも知れない。また、データは示さなかったが、より乾燥しやすい上層階では、より窓開けをしない傾向が見られた。これも窓開け効果の見えない理由の一つと思われる。住宅の構造の変化によって、これまでの住宅のカビ汚染対策が通用しなくなったように思われる。今後、新たな生活の知恵を構築する必要があるだろう。

V．謝　辞

この調査の遂行に当たって、大阪市立環境科学研究所附設栄養専門学校第 57 回生、橋本愛子、増谷亨子の両君には大変お世話になった。また、当研究所の多くの方々、及び附設栄養専門学校の学生諸氏には調査の協力をいただいた。この場を借りて謝意を表したい。

参　考　文　献

1) 濱田信夫. 室内塵中の真菌相の生態. 防菌防黴 1991 ; 19 : 127-134.
2) 濱田信夫. 浴室の微生物汚染の現状と対策. 防菌防黴 2006 ; 34 : 81-88.
3) Samson R A (ed). Health implications of fungi in indoor environment. Amsterdam: Elsevier; 1994.
4) Sakamoto T, Urisu A, Yamada M, Matsuda Y, Tanaka K and Torii S. Studies on the osmotic fungus *Wallemia sebi* as an allergen evaluated by skin prick test and radioallergosorbent test. Inter Atch Aller Appl Immunol 1989; 90: 368-372.
5) Hamada N and Morita S. Fungal flora in the house dust of dwellings. Trans Mycol Soc Japan 1990; 31: 237-247.
6) 濱田信夫, 森田　茂. 室内塵中の真菌数に影響を与える要因. 防菌防黴 1990 ; 18 : 279-284.
7) 濱田信夫. 室内塵の真菌汚染に対するエアコンの作用. 防菌防黴 2000 ; 28 : 755-761.
8) 南　雄三. スラスラわかる断熱・気密のすべて. 東京 : 日本実業出版社 ; 2004.
9) 濱田信夫. 洗濯機のカビ汚染に影響する要因. 防菌防黴 2002 ; 30 : 709-714.
10) 吉川　翠, 阿部恵子, 小峰裕己, 松村年郎. 住まい Q&A 室内汚染とアレルギー. 東京 : 井上書院 ; 1999.
11) Hocking A D and Pitt J I. Dichloran-glycerol medium for enumeration of xerophilic fungi from low-moisture foods. Appl Environ Microbiol 1980; 39: 488-492.
12) 市川栄一, 吉川　翠. 家のカビ・ダニ退治法. 東京 : 主婦と生活社 ; 1986.
13) (社)日本建材協会省エネルギー建材普及センター.「省エネ住宅居住状況実態調査」研究報告書概要. http:://www.shopbiz.jp/contents/ news AC /39_053.phtml;2004.
14) 濱田信夫, 山田明男. 住宅内の浮遊カビ汚染. 防菌防黴 1995 ; 23 : 281-286.

（2007 年 5 月 2 日受付・2007 年 8 月 16 日受理）