

住宅の室内空気環境に関する研究 —住宅のカビ・ダニ防止に関する研究—

田中 辰明

キーワード：1) 住宅, 2) カビ, 3) 真菌, 4) 空中浮遊菌, 5) 落下菌, 6) ビート, 7) ガスケット, 8) ベッド

1. はじめに

建築様式の近代化につれて和風住宅が洋式となり、台所と居間、浴室などがほとんど同じ空間の中に集合した状態に造られている。その上、省エネルギーと冷暖房の効率をよくするために、住宅の高気密、高断熱化が進み、人間にとって一年中快適な環境で生活できるようになってきた。人間にとって快適な環境は、真菌（カビ）にとっても快適な環境である。また、蒸気が発生するところ、ガスや石油の暖房設備のあるところなどは湿度が高くなりやすく、部屋の各所に結露しやすい状態になっており、カビの発生を許すことになる。しかも、共働きの家などは一日中窓が閉ざされているので換気ができず、湿気はこもりがちである。これらの建築技術の発展やライフスタイルの変化により、年間を通じてカビの発育に適する環境が与えられるようになってきている。

また近年、喘息、鼻炎、皮膚炎といったアレルギー性疾患が増加している。この原因として、体質、体調、外的諸因子（食物、住まいなど）が存在するが、住まいにおけるアレルゲンとして、ダニ、カビがあげられる。住まいにおけるアレルゲンの10～20%はカビであり、ダニに次いで第2のアレルゲンとなっている。ところが、カビが発生している家には、ダニも多く生息していることを考えあわせると、カビがアレルギー性疾患に深くかかわっていることが分かる。

以上のようにカビが発生しやすい状況の中、カビが建築物、そして人体に及ぼす被害は無視できないほどに拡大し、この傾向はますます進んでいくと考えられる。しかし、「食」についてのカビの研究は多岐にわたっているのに対し、居住環境におけるカビの研究は始まったばかりである。そこで、本研究では住宅、被服に発生するカビの定性的、定量的調査、季節変化におけるカビの動態の調査を行い、居住環境におけるカビの基礎的データを収集することを目的とした。

2. 研究の方法

以下のような3つの方法で行った。

2.1 窓のガスケットに発生するカビの調査

(1) 窓のガスケットに発生するカビの同定と季節間の比較

①対象住宅

東京都杉並区 T邸
1982年建設
RC造戸建 B1, 2階建
高気密、高断熱

②調査期間

梅雨期 1995年7月15日
夏期 1995年8月12日
秋期 1995年9月30日
冬期 1995年12月9日

③調査対象

- ・2階東側寝室ガスケット
- ・1階北側トイレガスケット
- ・2階北側書庫ガスケット
- ・1階南側台所ガスケット
- ・1階北側風呂ガスケット
- ・1階北側風呂壁目地

④使用する器具と操作

・滅菌綿棒 ・PDA培地

調査対象のガスケット約5cm²（長さ約10cm）を滅菌綿棒でふき取り、PDA培地へ塗抹した。この際、目的とするカビ以外のカビが混入しないように無菌的に操作を行い、綿棒に付着した検体を無駄なく塗抹するために、綿棒を回しながら塗抹した。PDA培地に接種後、シャーレのふたを下にして恒温器に入れ、25℃で4～6日間培養し同定した。

(2) 掃除後のガスケット上のカビの変化

①調査期間

1995年12月9日

②調査対象

- ・T邸1階北側浴室ガスケット
- ・1階北側浴室壁目地

③掃除の条件

・ぞうきんによるからぶき

ぞうきんに付着している雑菌を除去するため、乾燥しているぞうきんにアルコールを噴霧し、アルコールが蒸発してから使用した。

・ぞうきんによるぬれぶき

ぞうきんに付着している雑菌を除去するため、乾燥しているぞうきんにアルコールを噴霧し、アルコールが蒸発後、水道水で湿らせて使用した。

・市販のカビ用洗剤による掃除

ジョンソン株式会社製のカビキラーを使用した。掃除方法は容器に記載されている通りに行い、ガスケットに噴霧した。

・アルコール消毒

ガスケットにアルコールを直接噴霧した。

④使用する器具と操作

・滅菌綿棒 ・滅菌水 ・PDA培地 ・試験管 ・ミキサー ・アルコール(消毒用エタノール) ・カビ用洗剤

各種掃除後のガスケット1cm²を滅菌綿棒でふき取り、希釈法を用いて定量的にカビのコロニー数を算定した。採取した綿棒と滅菌水を試験管に入れ、ミキサーで攪拌した後、試験管内の試料懸濁液をPDA培地に塗抹した。塗抹したPDA培地は、恒温器に入れ25℃で4～6日間培養し、コロニー数を算定し同定した。

2.2 寝室に布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌の測定

①対象住宅

・東京都杉並区 T邸

1982年建設 RC造戸建 B1, 2階建 高気密, 高断熱

・神奈川県川崎市 A邸

1972年建設 壁式RC共同住宅 断熱中程度

②調査期間

T邸 A邸

梅雨期 1995年7月15日 1995年7月15日

夏期 1995年8月12日 1995年8月17日

秋期 1995年9月30日 1995年9月26日

冬期 1995年12月9日

③調査対象

T邸 A邸

2階東側 洋室 1階南側 和室 8畳

2階西側 和室 1階北側 和室 6畳

④使用する器具と操作

・PDA培地 ・BIOTEST RCS エアサンプラー

・エアサンプラー用培地/アガーストリップHS(酵母, カビ用培地), アガーストリップGK-A(一般細菌用培地)

空中浮遊菌はBIOTEST・RCS・エアサンプラーで2分間(空気量80ℓ)採取, 落下菌はPDA培地を20分間開放し採取した。測定時間は, 落下菌は, 布団を敷く前20

分間, 敷いた直後20分間, 敷いてから40～60分後, 100～120分後の4回。空中浮遊菌は落下菌を測定している時間内(20分中の10分経過後)に測定した。

エアサンプラー用培地は, 25℃で4日間培養後, コロニー数を算定した。落下菌はPDA培地のふたを下にして, 恒温器に入れ, 25℃で4～6日間培養し, 同定した。

2.3 靴下に発生するカビ, 細菌の測定

①試料

靴下20足 抗菌, 防臭加工あり 10足
抗菌, 防臭加工なし 10足

②調査期間

1996年1月19, 20日

③被験者

健康な女子学生20名
被験者の諸元

年齢	着用時間
22.7±1.1歳	7.45±0.61時間

④実験内容

被験者に, 7～8時間靴下を着用してもらった。普段の生活している状態でのカビを調査することを目的とするので, 靴下を着用する際, 靴の指定や動作の指定は行わなかった。着用後の靴下を, 希釈法と直接接種法で測定した。細菌はかなりの数が存在するので希釈法で行った。カビ, 酵母については希釈法の最小希釈倍率で発生しなかったので直接接種法でコロニー数を算定した。希釈法は, 滅菌水に検体(靴下)を入れ懸濁し, 試料懸濁液をPDA培地とSA培地(細菌用培地)に塗抹した。直接接種法は, 靴下の底の部分50cm²をPDA培地に直接接種した。接種した培地は恒温器に入れ, PDA培地は27℃で1週間, SA培地は30℃で48時間培養後, 同定した。

3. 結果および考察

3.1 窓のガスケットに発生するカビの調査

(1) 窓のガスケットに発生するカビの同定と季節間の比較

表3-1-1をみると, *Cladosporium*が最も多く検出されていることが分かる。*Cladosporium*は住宅で最も多くみられるカビであり, ガスケット上にも多く発生することが分かる。次に多く分離されたのは, *Aureobasidium*である。

*Aureobasidium*は, 水系環境に多く分布しているカビであり, ガスケットには結露による水分が存在するので, ガスケット上に発生しやすいものと考えられる。続いて, 湿性環境に多く分布する*Alternaria*が多く検出されてい

る。Alternariaはアレルギーの原因菌の1つである。

図3-1-1は、4回の調査で分離されたカビの分離数を季節別にグラフ化したものである。ここで、7月15日は梅雨期、8月12日は夏期、9月30日は秋期、12月9日は冬期として分離を行った。年間を通じて、Clados-

porium, Aureobasidium, Alternariaが多く検出されていることが分かる。湿度の高い梅雨期よりも冬期のほうがカビが多く分離されているが、冬期は結露が生じるので水分が供給されるためではないかと考えられる。

表3-1-1 住宅外窓のガスケット等に発生したカビ

(分離頻度 +: 1~10CFU ++: 11~30CFU +++: 31~CFU)

採取場所	分離真菌	分離頻度			
		95. 7. 15	95. 8. 12	95. 9. 30	95. 12. 9
2階東側 寝室 ガスケット	Cladosporium	++		++	+
	Penicillium	++			
	Alternaria	+	+		+
	A. niger		+		+
1階北側 トイレ ガスケット	Cladosporium	+++	++	++	+++
	Alternaria	+			
2階北側 書庫 ガスケット	Cladosporium	++		++	+++
	Alternaria	+		+	
	A. niger			+	
	Aureobasidium	++	+++	++	+++
1階南側 台所 ガスケット	Cladosporium	++	++	++	+++
	Penicillium	+			
	Alternaria	+		+	
	Aureobasidium		++	++	
1階北側 浴室 ガスケット	Cladosporium		++		++
	A. niger			+	
	Humicolor		+		
	Trichoderma			+	
	Wallemia			++	
	Yeasts	+			+
	Rhodotorula				+
	Penicillium				+
Alternaria				+	
1階北側 浴室 壁目地	Cladosporium	++	+	+++	+
	Alternaria			+	
	Alternaria	+	+		++
	Yeasts				++

*CFU: Colony Forming Unit 集落形成単位

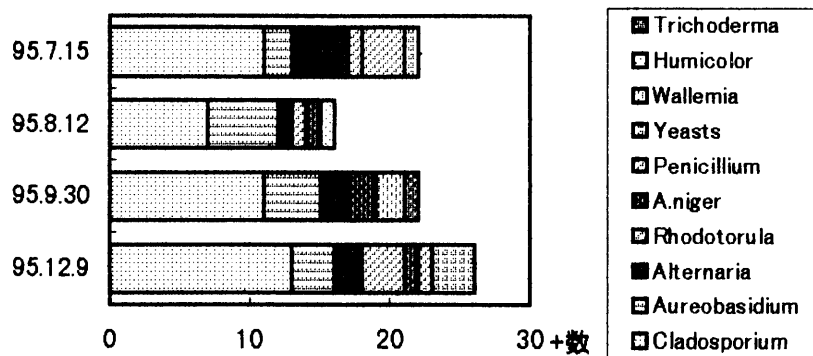


図3-1-1 T邸のガスケット等に発生したカビの季節別分離数

(2) 掃除後のガasket上のカビ数の変化

各種掃除後のガasket上のカビ数を希釈法で測定した結果、表3-1-2のようになった。表の非検出とは希釈法の最小希釈倍率の培地上で検出されなかったという意味で、1~20CFU/cm²存在する可能性もあり、0という意味ではない。

本実験の結果、カビ用洗浄剤とアルコール消毒はほとんどカビが検出されず、掃除方法としては効果があるようである。ぞうきんによるからぶき、ぬれぶきは各場所にあった掃除の強度、頻度により効果が異なるものと考えられる。カビを除去するためには掃除方法の工夫が必要ではないだろうか。

3.2 寝室に布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌の測定

寝室に布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌の数の結果を、表3-2-1a~表3-2-1dに示した。

本実験ではシャーレのふたを20分間解放し落下菌を測定したが、重さの重いカビを検出しやすく、重さの軽いカビは空中に浮遊したままで検出されなかった可能性がある。このために落下菌のコロニー数が、ばらついた結果を示したものと考えられる。

図3-2-1~図3-2-4は空中浮遊菌をグラフ化したものである。

表3-1-2 各種掃除後のガasket, 目地上のカビ数
(単位 CFU/cm² 非検出:<20CFU/cm²)

採取場所	掃除方法				
	掃除前	からぶき	ぬれぶき	カビ用洗浄剤	アルコール
1階北側浴室ガasket	180	100	40	60	非検出
1階北側浴室壁目地	1100	60	120	非検出	非検出

表3-2-1a 布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌のコロニー数 T邸
1995年7月15日 (外気の空中浮遊カビ 325CFU/cm³)

	和室		洋室	
	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ
布団を敷く前 20分	2 <i>Cladosporium</i> 2	238	7 <i>Cladosporium</i> 2 <i>Aversiodor</i> 2 <i>Penicillium</i> 1 不明 2	275
布団を敷いた後 0~20分	8 <i>Penicillium</i> 4 <i>Cladosporium</i> 2 不明 2	1063	13 <i>Cladosporium</i> 6 <i>Fisarium</i> 4 <i>Alternaria</i> 3	1300
布団を敷いた後 40~60分	4 <i>Penicillium</i> 2 不明 2	363	3 <i>Cladosporium</i> 2 <i>Penicillium</i> 1	88
布団を敷いた後 100~120分	2 不明 2	138	2 <i>Cladosporium</i> 2	13

表3-2-1b 布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌のコロニー数 T邸 (つづき)
1995年8月12日 (外気の空中浮遊カビ 213CFU/cm³)

	和室		洋室	
	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ
布団を敷く前 20分	2	113	1	75
布団を敷いた後 0~20分	7	1538	3	525
布団を敷いた後 40~60分	4	138	1	13
布団を敷いた後 100~120分	1	25	0	13

* 落下菌は同定せず

表3-2-1c 布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌のコロニー数 T邸 (つづき)

1995年9月30日 (外気の空中浮遊カビ 400CFU/m³ 空中浮遊細菌 225CFU/m³)

	和室		洋室	
	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ
布団を敷く前 20分	8 <i>Cladosporium</i> 4 <i>A. niger</i> 1 不明 3	425 925	1 <i>Penicillium</i> 1	175 1450
布団を敷いた後 0~20分	13 <i>Cladosporium</i> 3 <i>Penicillium</i> 2 <i>Alternaria</i> 1 <i>A. niger</i> 1 不明 6	963 1425	8 <i>Alternaria</i> 6 不明 2	338 1700
布団を敷いた後 40~60分	2 <i>Cladosporium</i> 不明 1	213 350	1 <i>Penicillium</i> 1	50 425
布団を敷いた後 100~120分	0	88 225	1 <i>A. niger</i> 1	25 200

表3-2-1d 布団を敷いたときの空中浮遊菌と落下菌のコロニー数 T邸 (つづき)

1995年12月9日 (外気の空中浮遊カビ 275CFU/m³ 空中浮遊細菌 1575CFU/m³)

	和室		洋室	
	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ 細菌	落下菌のコロニー数	空中浮遊菌 CFU/m ³ カビ 細菌
布団を敷く前 20分	0	163 650	0	125 250
布団を敷いた後 0~20分	5 <i>Cladosporium</i> 1 <i>Alternaria</i> 1 不明 3	413 1250	8 <i>Cladosporium</i> 1 <i>Alternaria</i> 1 <i>Rhodotorula</i> 1 不明 5	163 675
布団を敷いた後 40~60分	5 不明 5	563 1225	1 <i>Yeasts</i> 1	13 100
布団を敷いた後 100~120分	9 <i>Penicillium</i> 1 不明 8	275 825	2 不明 2	113 575

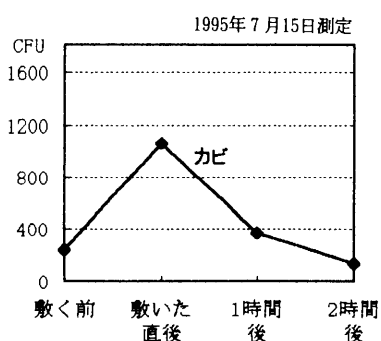


図3-2-1 T邸和室 梅雨期

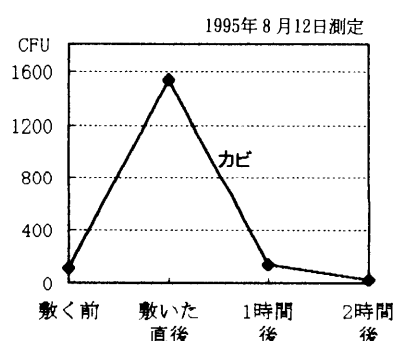


図3-2-2 T邸和室 夏期

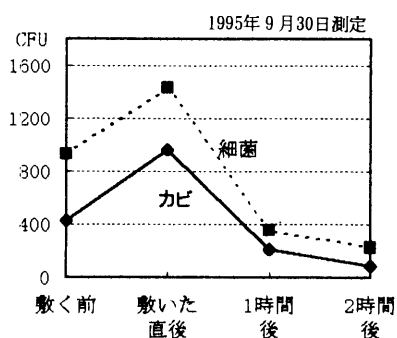


図3-2-3 T邸和室 秋期

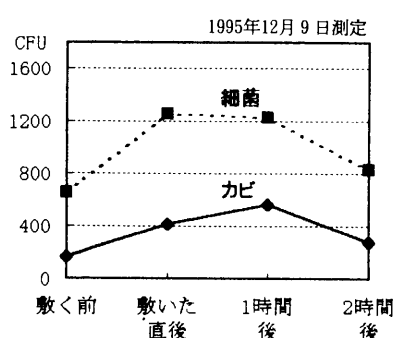


図3-2-4 T邸和室 冬期

各季節を通して、全体的に布団を敷いた直後に空中浮遊菌は増加し、約1時間後に布団を敷く前の状態に戻るようである。

季節別に比較してみると、カビ数に関しては梅雨期が最も多いようである。梅雨期は一年のうちでカビが発生しやすい季節であり、発生したカビが外気中に多く存在すると考えられる。細菌に関しては、T邸は秋期、冬期に、A邸は夏期、秋期に測定を行ったが、冬期よりも温度の高い夏期、秋期に多いようである。

以上の結果より、布団を敷いたときの空中浮遊菌の数は、布団、住居内のカビの発生の有無、季節、外気などあらゆる方向からのアプローチが必要であることが分かった。本実験において、T邸の和室と洋室、A邸の南寝室と北寝室の明らかな差違はみられなかった。ただし、本実験ではサンプル数が少なかったため、今後サンプル数を増やして、さらなる調査が必要である。一般的に、布団を敷いてから30～60分経過すると空中浮遊菌の数が平常状態に戻る。それゆえ、特にハウスダストによるアレルギー疾患を起こす危険性のある人は、布団を敷いた

直後に就寝しないほうがよいようである。

3.3 靴下に発生するカビ、細菌の測定

靴下に発生した細菌、酵母、カビのコロニー数の平均を表3-3-1に示す。表中の使用前とは購入後、未使用の靴下のこと、使用後とは使用前の靴下を1回洗濯し、7～8時間着用後の靴下のことを意味している。さらに、使用前と使用後の靴下の細菌数、カビ数、酵母数の変化を図3-3-1～図3-3-3に示す。

表3-3-1より、使用前と使用後で細菌のコロニー数がかなり増加していることが分かる。抗菌防臭加工なしの靴下は23.5CFUから 4.6×10^5 CFU、抗菌防臭加工ありの靴下は45.9CFUから 2.2×10^5 CFUに増えていることから、抗菌の効果はあると言えるのではないだろうか。カビ、酵母に比べて細菌のコロニー数はかなり増加しているが、細菌は成長が早いので、抗菌防臭加工なし、ありともに増加しており、抗菌加工はないよりもあったほうが良いという程度でめざましい効果はみられないようである。ただし、本実験では洗濯後や繰り返し使用後の調

表3-3-1 靴下の細菌、カビのコロニー数の平均

	使用前			使用後		
	細菌	酵母	カビ	細菌	酵母	カビ
抗菌防臭加工なし	23.5	0.1	1.2	46×10^5	2.1	18.4
抗菌防臭加工あり	45.9	0	3.6	22×10^5	0.9	2.7

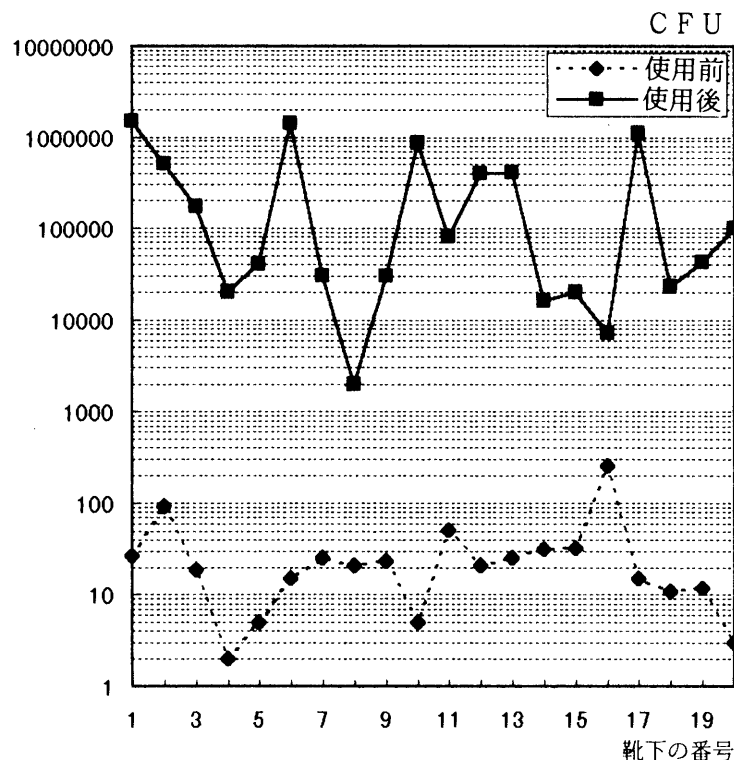


図3-3-1 使用前と使用後の靴下の細菌数の変化

査をしていないので、今後、追跡調査が必要であると考
えられる。

酵母、カビは使用前、使用後ともに少ないが、抗菌防
臭加工なしとありの靴下を比較すると、加工なしの靴下
のほうが増加しており、抗菌加工はカビにも多少効果が
あるようである。本実験では酵母はあまり検出されなか
ったが、カビに関しては図3-3-2から抗菌加工の効果
があることが分かる。

表3-3-2に検出されたカビの総数を、図3-3-4～図
3-3-7に検出されたカビの割合をまとめたが、使用後の
靴下に*Cladosporium*が多いことが分かる。*Cladosporium*は、
住環境に多く存在するカビなので、住環境から付着した

ものであると思われる。

カビは成長に時間がかかることより、本実験で検出さ
れたカビは靴下の繊維に発生したものではなく、足や靴
から付着した孢子や菌糸であると考えられる。カビは十
分な基質を与えられると約1週間で集落を形成するので、
靴下などの被服は収納時にカビの発生が問題となる。住
居内において北側の外壁は結露しやすいため、被服の収
納場所を北側にしないなどの住まい方の工夫も必要であ
る。

以上のことから、細菌に関しては繰り返し使用後の調
査、カビに関しては収納時の問題などさらなる調査が必
要であると考えられる。

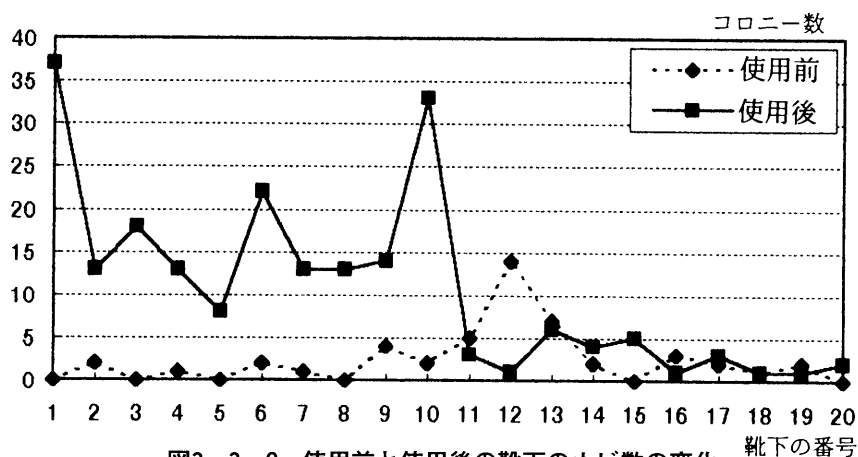


図3-3-2 使用前と使用後の靴下のカビ数の変化

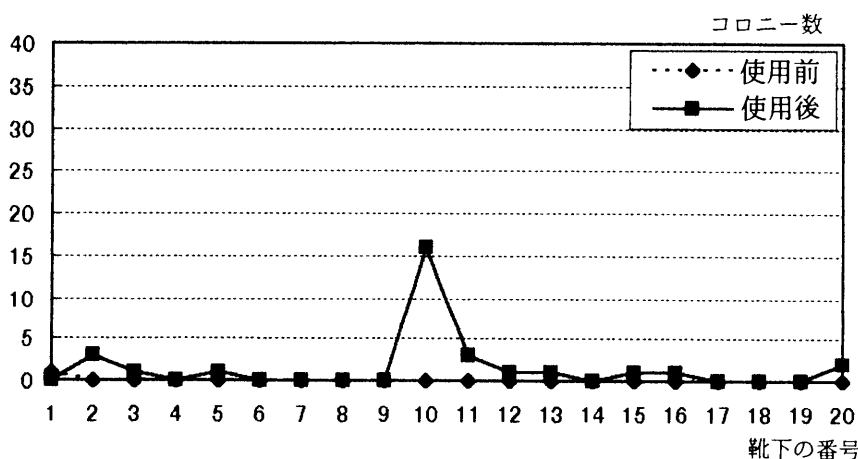


図3-3-3 使用前と使用後の靴下の酵母数の変化

表3-3-2 検出されたカビの総数

	使用前		使用後	
抗菌防臭加工なし	<i>A. niger</i>	7	<i>Cladosporium</i>	161
	<i>Paecilomyces</i>	5	<i>Penicillium</i>	14
			<i>Fusarium</i>	7
			<i>Alternaria</i>	2
抗菌防臭加工あり	<i>A. niger</i>	21	<i>Cladosporium</i>	20
	<i>Penicillium</i>	8	<i>Alternaria</i>	3
	<i>Cladosporium</i>	7	<i>Aureobasidium</i>	3
			<i>Fusarium</i>	1

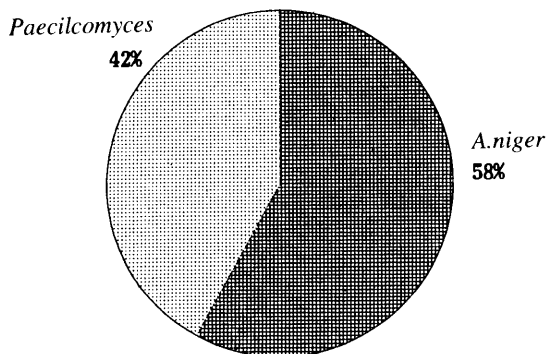


図3-3-4 検出されたカビの割合
抗菌防臭加工なし・使用前

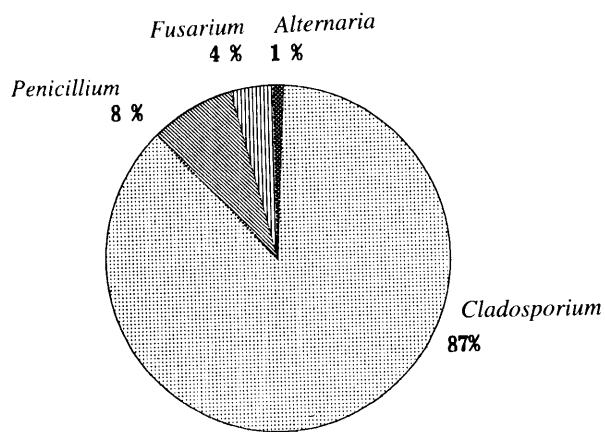


図3-3-5 検出されたカビの割合
抗菌防臭加工なし・使用后

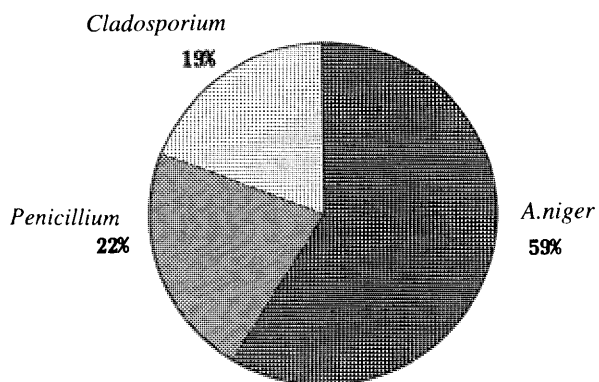


図3-3-6 検出されたカビの割合
抗菌防臭加工あり・使用前

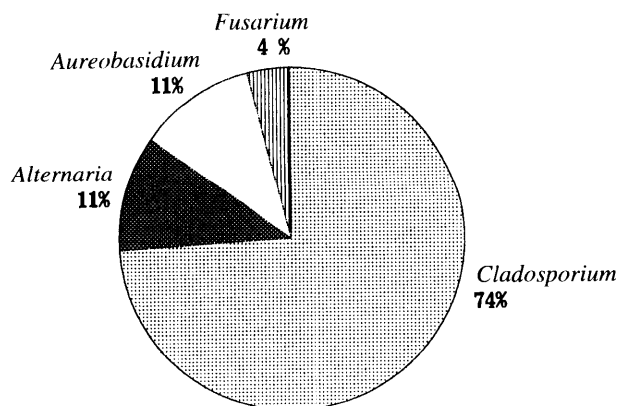


図3-3-7 検出されたカビの割合
抗菌防臭加工あり・使用后

4. 総括

1. (1) ガスケットに発生するカビは、*Cladosporium*が多く、次いで*Aureobasidium*、*Alternaria*の順が多い。
- (2) 結露の影響により、ガスケット上に発生するカビは冬期に多く、夏期に少ない。
- (3) ガスケットの掃除方法としてはアルコール、カビ用洗浄剤が効果がある。
2. (1) 空中浮遊菌は、布団を敷いた直後に増加するが、約1時間後布団を敷く前の状態に戻る。
- (2) 空中浮遊菌は梅雨期に、空中浮遊細菌は夏期、秋期に多い。
- (3) 空中浮遊菌は外気に影響される。
3. (1) 抗菌防臭加工ありの靴下は、細菌、カビに対して多少効果がある。
- (2) カビは細菌より成長に時間がかかるため、あま

り検出されなかった。検出されたカビは足や靴から付着したものと考えられる。

- (3) 被服におけるカビ発生の問題は収納時に起きる。

<研究組織>

- | | | |
|----|-------|-----------------------|
| 主査 | 田中 辰明 | お茶の水女子大学生生活科学部
教授 |
| 委員 | 田辺 新一 | お茶の水女子大学生生活科学部
助教授 |
| 〃 | 芦沢 達 | 総合防菌研究所 顧問 |