

〈特集：環境に起因する健康リスク〉

室内空気汚染の健康影響 —— シックビルディングシンドロームの新展開 ——

池 田 耕 一

1. シックビルディングシンドロームとは

1980年代にはいる頃から、欧米各地のいわゆる省エネビルにおいて、居住者から目まい、吐き気、頭痛、平衡感覚の失調、眼、鼻、喉の痛み、粘膜や皮膚の乾燥感、ゼイゼイする、喉が渇れるなどの呼吸器系の諸症状等の体の不調を訴える苦情が多数ビルの所有者、国、州などの公共団体に出されるようになってきた¹⁾。このような問題は、もっとも古くは、1960年代以前にもあったと言われているが、本格的に問題とされ始めたのは、やはり、1980年代になってからのことである。これに関しては、いくつかの調査がなされており、例えば、デンマークの1500人の市民（15～67才）を対象とした調査では、15%以上の人に上記の症状のうちのいずれかがみられ²⁾、北米の200近いビルについて行われた調査では、いずれの建物においても何等かの苦情の訴えがあった²⁾とされている。これらの問題は、ビル病とかシックビルディングシンドローム（SBS）とよばれる。一口に SBS と言っても2つのタイプがある。1つは、急性 SBS とも呼ぶべきもので、新、増改築直後に起る。これは、新しく導入した建材等から汚染ガスが発生するため起こるもので²⁾、時間と共に解決するものである。もう一つが慢性 SBS とも言うべきもので、そのビルの本質的な性格によるもので、時間の経過は解決にならない。これこそが本当の意味でのビル病である。このタイプのビルの特徴は、以下の通りとされている²⁾。

- i 一部再循環空気を利用する全館空調システムを採用していること。建物によっては、外気導入口の位置が不適切であったり、全熱交換器で汚染質の漏れがあったりする。（発生量の増大）
- ii 比較的軽量構造の建物が多い。（新しい建物→省

エネ建物→換気量の減少）

- iii 室内は、テクスタイルや、カーペット仕上げとなっている。室の容積の割に、表面積が広い。（発生量の増大）
- iv 省エネルギー対策のために換気量を少なくしたビルである。（換気量の減少）
- v 気密性の高いビルである。（換気量の減少）

これらの特徴から予想される SBS の原因は、低い換気量、漏気量と各種汚染質の高い発生量の二つであるが、単一の汚染質が、単一の症状の原因となると言った簡単な図式ではなく、複数の汚染質が、いくつかのその他の物理的、心理的要因と結び付いて様々な症状を起こさせていることだけは確かで、その因果関係が疫学的に立証するのは困難な場合が多い。しかし、アメリカで行われた調査では、コピー機や建材から発生した炭化水素などの汚染質が、蛍光灯の光と光化学反応を起こし、オキシダントとなり、眼の痛みの原因となっていたことが明かとなった例もある²⁾。

吉沢³⁾によれば、米国の労働・安全・衛生研究所（NIOSH）の行った115のビルについての調査によると、表1に示すような諸症状がみられ、それらの発生原因は表2に示すとおりであったと言う。

なお、最近アメリカでは EPA を中心に、SBS (sick building syndrome) と BRI (building related illness) と言う2つのカテゴリーに分けて定義をするようになった模様である⁴⁾。すなわち SBS とは、

- ① そのビルの居住者の20%以上が急性の不快間に基づく症状の訴えを申し出る。
- ② それら症状の原因（因果関係）は必ずしも明確である必要ではない。
- ③ それら症状のほとんどは、当該ビルを離れると解消する

の3つの要件を満たしている場合のことであり、一方、BRI とは、

（国立公衆衛生院建築衛生学部）

表1 SBSの諸症状⁹⁾

症 状	発生頻度(%)
眼の刺激	81
喉の刺激	71
頭痛	67
疲労感	53
鼻づまり	51
皮膚の刺激	38
息切れ	33
異臭	31
咳	24
目まい	22
吐き気	15

表2 SBSの発生原因⁹⁾

原 因	発生頻度(%)
換気不十分	29
事務機器	17
異臭	5
温湿度不適	3
タバコ煙	2
コピー機	2
カーペット洗剤	2
ガラス繊維	1
ボイラ添加剤	1
照明不適	1
環境不適	1
理由不明	12

- ① 居住者の症状の訴えが、臨床的に明確な疾病の結果と認定される。
- ② その訴えの原因と思われる室内空気汚染質が、特定されている。
- ③ それら症状が快方に向かうためには、当該ビルを離れてからかなりの長時間を要する。

の3つの要件を満たしている場合のことであり、この典型例は、在郷軍人病であると言う。わが国で起こったこの定義によるBRIの典型例として著者が知っているのは、都内の小規模オフィスビルで起こった空調系統を伝わって感染したと思われる結核の集団発生問題⁹⁾があげられる。

以下に、このようなSBS各論として、SBSの原因となる様々な汚染物質の人体影響などを紹介する。特に最近話題となることの多い、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物による空気汚染問題を中心に解説する。

なお、CO、CO₂、NO_x、SO_x、オゾン、粉塵、タバコ煙等の在米から知られた汚染質については、室内空気汚染関係の本⁸⁾を参照されたい。

2. HCOH (ホルムアルデヒド) の健康影響

ホルムアルデヒドは、尿素系やフェノール系のホルムアルデヒド合成樹脂の生産に用いられる重要な化学物質である。これらの合成樹脂は、パーティクルボード、繊維板、合板などを生産する際の接着剤として利用される。濃縮した尿素ホルムアルデヒドは、コーティングや紙の生産課程で用いられる他、発泡断熱材にも用いられる。ホルムアルデヒドは、光化学スモッグ反応物質の1つである。また、タバコ煙や、燃焼排気中に含まれ、家具、ホルムアルデヒド樹脂を含むテクスタイル類からも発生するが、住宅等の室内における主要発生源は、やはり建材である。

日への刺激、催涙性、上部気道への刺激などはホルムアルデヒド濃度が、0.1～5 ppmの範囲で感じられる徴候である。ホルムアルデヒドの臭いは、1 ppm位から感じ始められるが、人によっては0.05 ppmからでも感じる⁷⁾。10～20 ppmの濃度になると咳がでたり、胸苦しくなったり、頭が重くなったり、心臓の鼓動が激しくなったりする。これらの症状は感受性の高い人では、5 ppm以下でも発症し、気管支喘息の人では、0.25～5 ppmの曝露で激しい喘息の発作を起こすと言われる⁷⁾。50～100 ppm以上の曝露では、肺への体液の集積(排水腫)、肺の炎症(肺胞隔炎)死亡などの致命的な傷害を起こさせる⁸⁾。人がホルムアルデヒドに被曝したとき受ける刺激を表3⁹⁾に示した。人によっては、続けて被曝することによって過敏となり、より低い濃度でもアレルギー反応を示すこと(過敏症)もあることを念頭におく必要がある¹⁰⁾。1980年12月アメリカ国立労働衛生研究所(NIOSH)と産業安全局(OSHA)は、ホルムアルデヒドは労働衛生上の発ガン物質として扱われるべきだとの勧告を出した。この判断は、2、6、15 ppmの3段階の濃度について行った動物実験において、珍しい形態の鼻空癌の発症率が高かったことに基づいている。但し、現在までのところ疫学的研究により人に対する発癌率を規定するまでには至っていない¹⁰⁾。

表4¹¹⁾にわが国の代表的な室内濃度範囲を示す。

表3 人がホルムアルデヒドに被曝したとき受ける刺激⁹⁾

濃度 (ppm)	訴え率 (%)	刺激の程度*
1,500~3,000	20%	7~10
	30%以下	5~7
500~1,500	10~20%	5~7
	30%以下	3~5
250~500	20%	3~5
250以下	20%以下	1~3

(注) * 刺激指標 (文献に示された臨床的影響から導かれたスケール)

10:強い目, 鼻, 喉への刺激, 強い不快感, 強い臭気

7:中等度の目, 鼻, 喉への刺激, 中程度の不快感

5:弱い目, 鼻, 喉への刺激, 弱い不快感

3:軽微な目, 鼻, 喉への刺激, 軽微な不快感

1:感知し得る程度の目, 鼻, 喉への刺激, 感知し得る程度の不快感

0:影響なし

表5¹²⁾に, McNailによりまとめられたホルムアルデヒドに関する各国の基準を示す。ホルムアルデヒドの一般環境に対する各国の基準は, 0.05~0.7ppmの範囲で設定されているが, 0.1~0.2ppmを採用している場合が多いようである。わが国の場合は, 現在厚生省などで検討中である¹³⁾。

3. 臭気の影響

特有の臭気を持っている化学物質は, 40万にも達し, 専門家になるとそのうち4000種については嗅ぎ分けられる¹⁴⁾とのことであるが, 臭気の影響に関する疫学データなどはまだみられないようである。但し, 臭気の測定に関連して臭気の強度に関するスケールは, 表6¹⁵⁾に示される通りに確立されている。これと二酸化メチル (腐臭), アセトアルデヒド (刺激臭) の関係を図1¹⁵⁾に示す。また, 図2¹⁵⁾には, 空中に蒸発した食品の量と, 臭気強度の関係を示した。

これらのデータは, 臭気を悪臭に限ったものであるが, 悪臭があった場合他の人に好まれる (良い) 臭いなどで覆い隠したり (マスキング), 良い臭いを積極的

表4 わが国におけるホルムアルデヒドの室内測定結果の例¹¹⁾

建築物	測定場所	時間値 (ppb)
マンション	居間	83
	寝室	125
	子供部屋	48
オフィスビルA	事務室	1~41
公共図書館同	閲覧室	28
	同	35
オフィスビルB	本館	47
		71
映画館A B		1~9
		35
病院	待合室	25
	診療室	13
オフィスビルC	喫茶室	40
		63
大規模家具店		60
プレハブ住宅A B	(新築)	42~200
	(築7年)	2~67
デパートA B	家具売り場	2~79
	玩具売り場	40
	乳児休憩室	29
	大工用品売り場	44
	カーペット売り場	89
スーパーマーケットA B	雑貨売り場	65
		32
		57
	飲食店	4~42
	洋服売り場	7~36
一般住居A B C	居間	8~45
		12~125
B	居間	172
	寝室	136
C	台所	145
	居間	197
子供部屋	子供部屋	290
	台所	107

に付加し快適性を高めることなども研究もなされるようになってきた。マスキング剤としては、オルトクロルフェノール、松根油、ショウノウなどがある¹⁴⁾とされるが、副作用なども懸念される。しかしながら、「よい

香り」を、便所などだけにとどまらず、オフィス環境など一般居住者が長期にわたって滞在する場所にも付加すると言う考え方もあるのであえてこれに言及してみたい。例えば矢野¹⁶⁾によれば、香りの精神面での効用を利用して、身心症の治療などを行うアロマ療法 (Aromatherapy) なる言葉もでき、その治療法に用いる化学物質は、表7¹⁶⁾に示す通りであると言う。こうなると、香りをオフィス環境にでも導入しようと言う試みがなされている。矢野は、「香り発生システム」なる

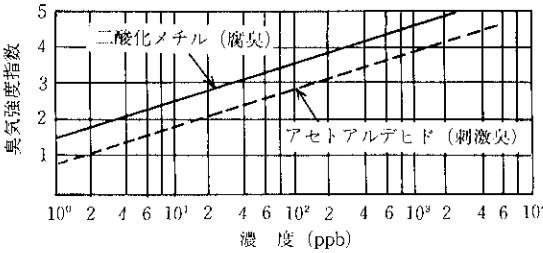


図1 二酸化メチル(腐臭), アセトアルデヒド(刺激臭)と臭気強度の関係¹⁵⁾

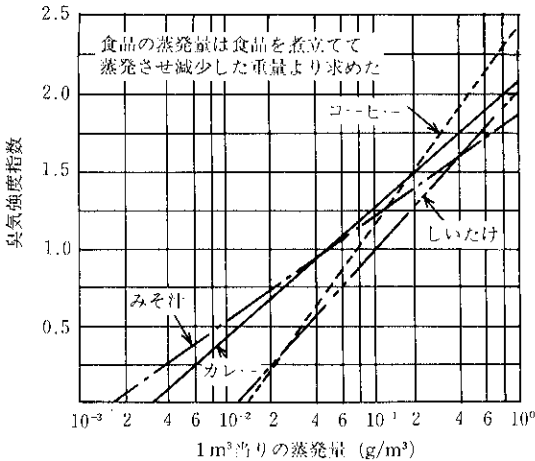


図2 空中に蒸発した食品の量と、臭気強度の関係¹⁵⁾

表5 ホルムアルデヒドに関する各国の基準¹²⁾

国 名	基準値 (ppm)
外気基準	
アメリカ	0.1
室内基準	
アメリカ	
カリフォルニア	0.2
ミネソタ	0.05 (新築)
ウィスコンシン	0.5
デンマーク	0.2
オランダ	0.12
スウェーデン	0.1 (新築)
	0.4~0.7
ドイツ	0.1
労働衛生基準	
アメリカ	3.0 (8時間平均値, OSHA)
	5.0 (最大値, OSHA)
	2.0 (最大値, ACGIH)
	1.0 (30分平均値, NIOSH)

表6 臭気の強度に関するスケール¹⁰⁾

指数	示性語	影 響
0	無臭	全く感知しない
0.5	最少限界	極めて微弱で訓練された者により、かき出し得る
1	明確	正常人には容易にかき出し得るが、不快ではない
2	普通	愉快ではないが不快でもない。室内での許容強さ
3	強い	不快である。空気は嫌悪される
4	猛烈	猛烈であり、不快である
5	耐え得ず	吐き気を催す

空調ダクト系に「香り」となる化学物質を送り込み、一般の居住者のいる室内へ給気する装置の図解まで行っている。しかし、このような行為が正当であるとされるためには、少なくとも次の2点が満足される必要がある。

1. 香りの基となる（化学）物質は、安全であること。
2. その香りが、全ての居住者に、いつでも快適感を与えること、少なくとも不快感を与えないこと。

香りの付加に関する問題点の第1は、「1.」に関連する安全性である。矢野の報告には、長期間吸入し続けた場合の副作用についてはいっさい触れていないし、実際これだけ多くの物質、全てについての長期曝露についての安全性の確認作業が済んでいるとはとても思えない。次に、「2.」に関連して、本当に、誰にとっても何時でも快適であろうかと言う素朴な疑問が残されている。同じ香りでも人によって感じ方は異なるし、また同じ人でも、その時の気分で同じ香りを香りを快と感じることもあるし不快と感じることもあるものである。このような状況で、不特定多数の居住者に否応なしにこれら化学物質を吸入させるのは、考えようによっては、人権問題になるのではないかと危惧さえる。香りの付加は、便所などの悪臭がひどくしかもそこでのひとの滞在が短時間な場所に限定的に行われるべきであろう。またあるいは、個人の住宅室内のようなその居住者本人が、「香り」の持つリスクなどをすべて承知の上で使用する場合も認められるケースであろう。この場合は、ちょうど受動喫煙と同じと考えることもできる。なお、著者らが、首都圏にある香り空調システムを導入している建物に対して実施した調査¹⁷⁾では、これらのシステムのほとんどが、バブル景気の最中に導入されたものであったため昨今の景気低迷にともない維持管理費節減の対象となり、ほとんどのケースで原罪は使用されていないという実態が明かとなった。

なお参考までに言うと、臭気と言うものの性格上、COや粉塵のような意味での発生量を定義することは難しいため、臭気に関する「発生量の定義」と言うようなものはなかったが、最近、Fanger¹⁸⁾により olf と decipol とする定義が提案されたので簡単に説明を加える。1 olf とは、標準的なヒト一人が発生するのと等

価な不快度を与える臭気の発生量を表す。そして、発生量 1 olf 時に、1 l/sec の換気量のを与えた場合の室内の臭気強度を 1 pol とし、その10分の1を decipol としている。

臭気に関する環境基準としては、事業所から出る悪臭物質を対象とした外気に関する悪臭防止法¹⁹⁾により、表8に示めすような基準があるが、室内の一般環境に関する基準は、現在までのところ設定されていない。

4. 揮発性有機化合物の健康影響

極めて多くの種類の揮発性の有機物質（VOC）が室内空気中に確認されている。それらには、脂肪族や芳香族の炭化水素、塩素化炭化水素、各種ケトン類、アルデヒド類などが含まれる^{20),21)}。これらの内のいくつかは発ガン物質である可能性がある（例えばベンゼン、テトラクロロエチレンなど）。最近欧米では、VOCはシックビルディングシンドロームノ主要因と目され、多くの研究者により相当数の研究報告がなされるようになってはきて、WHOのヨーロッパ事務所のガイドライン²²⁾には、アクリロニトリル（ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ ）、ベンゼン（ C_6H_6 ）、二硫化炭素（ CS_2 ）、1,2-ジクロロエタン（ $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ）、ジクロロメタン（ CH_2Cl_2 ）、多環芳香族炭化水素（PAH）、スチレン（ $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}=\text{CH}_2$ ）、テトラクロロエチレン（ C_2Cl_4 ）、トルエン（ $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ）、トリクロロエチレン（ C_2HCl_3 ）、塩化ビニール（VC）については、健康影響から、発生源、環境中の汚染レベルなどに関する詳しいレビューがなされているが²¹⁾、室内にみられる大部分の有機物質の健康影響に関しては、一部を除き現在までのところあまりよくわかっていない⁶⁾様である。

このように VOC は、極めて多くの化学物質の総称であるため、詳細な定義は、まだ研究者によってまちまちのようで、Seifert²³⁾は、定義の確立の必要性を訴えているほどである。それとも最近では、沸点が、50～100℃から240～260℃の非メタン系の炭化水素（通常タバコ煙中のニコチンは含めない）を指すことが多い。人によっては、沸点が250℃を超すニコチン等の準揮発性の有機物質を含める事もあり、その場合はSVOCと呼ばれる（Sは準の意味）。また、TVOCと呼ばれるのは、ガスクロマトグラフによって得られたこ

表7 アロマ療法 (Aroma therapy) に用いる化学物質⁽⁶⁹⁾

効用別の分類	アロマ法剤の例
覚醒 (眠気さまし) 用香料	精油 (はっか, ユーカリ, レモン, ベルペナ, シトロネラ, カヤプテ, サルビア, タイム, クローブ, ローズマリー, ローズマリー, ヒソップ, ベージル等), エキス (オニオン, ガーリック等), 塩酸, 酢酸, 酸エチル, 塩酸プロピル, 酢酸エステル (エチル, プロピル, ブチル, ヘプチル, ノニル, メンチル, イソメンチル等), 亜硝酸アミル, トリノチルシクロヘキサノール, アリルサルファイド
催 眠 用 香 料	精油 (ジャスミン, カモミル, ネロリ等), ノニルアルコール, デシルアルコール, フェニルエチルアルコール, 炭酸メチル, 炭酸エチル
食 欲 抑 制 用 香 料	よもぎ油, ローズマリー油, ユーカリ油, ミル油, フェニル酢酸エステル, グアヤコール, インドール, クレゾール, チオフェノール, p,ジクロロベンゼン, p,メチルキノリン, イソキノリン, ビリジン, 有機アミン類, カンファール, メチルカプタン, アンモニア, 硫化水素
食 欲 促 進 用 香 料	精油 (ベージル, ベリラ, マジョラム, タイム, ローレル, ジュニバーベリー, レモン, ナッツメグ, ジンジャー, オニオン, ガーリック等), カルボン, エストラゴール, エレモール
抗 偏 頭 痛 用 香 料	精油 (オレンジ, レモン, ベルガモット, ラベンダー, ローズマリー, ベージル, ペパーミント, 樟脳, ユーカリ等), メントール, シネオール
嫌 煙 用 香 料	精油 (オレンジ, レモン, ベルガモット, クローブ, シンナモン, ナッツメグ, メース, ジンジャー等), オイゲノール, シトラール, ヒドロキシシトロネラール
制 吐, 抗 失 神 用 香 料	ペパーミント油, アブシンス油, ユーカリ油, ローズマリー油, メントール, シネオール, シトラール, カンファール, 酢酸, 酢酸エステル
催 淫 性 香 料	サンダルウッド油, コスクス油, ラブダナム油, アンバー, ムスク
無 性 欲 化 香 料	精油 (せいようにんじんぼく, プルテミジア, カンファール, 樟脳, ユーカリ, サルビア等), カンファール, シネオール
不安解消, 抗うつ用香料	精油 (ラベンダー, ベルガモット, レモン, マジョラム, ローズマリー, クラリセージ, ペパーミント, ベージル, ローズ, ジャスミン, プチグレン, ナッツメグ, シンナモン, クローブ, メース, ジンジャー等), シトラール, シトロネラール, ボルネオール, リナロール, ゲラニオール, ネロール, ロジノール

この揮発性有機物質の総量の事で、「総揮発性有機物質」と呼ばれる。総量と言っても、数10から数100にも達する VOC 全てを厳密に定性定量分析し、合計するのは現実的でないため、実際には、上位10位くらいまでの化学物質について総計をとる⁽²³⁾。

揮発性有機化合物は、多くの種類があるためその発生源も多様である。表9に示したのは、Gebeluegi⁽²⁴⁾によりまとめられたドイツの事務所ビル室内の主要発生源からの各種 VOC のリストである。この表に示されているのは、ワックスと洗剤だけであるが、開放型燃

焼器具からは、様々な炭化水素類が発生するであろうし、ヘアースプレーや、塗料の溶剤も VOC を含んでいる以上それらからの発生は避けられない。また、ニコチンまでも含めれば、タバコ煙は重要な発生源である。タバコ煙はニコチンを含めなかったとしても重要な発生源である。厳密な定義すら定まっていなかった汚染質であるから、発生源の全てを挙げることも事実上不可能であると言える。よって、それぞれの発生源別の発生強度の「代表値」的なものは、開放型燃焼器具の燃焼排ガスからの炭化水素やタバコ煙から発生するニコチンなど、一部のものを除けばほとんど求められていない。

表10に示したのは、Gebeluegi ら²⁴⁾によりまとめられた事務室内外で測定された各種有機物質別の濃度範囲であり、図3に示されるのは、Wallece ら²⁵⁾によりま

とめられたアメリカの750軒の住居や10軒の事務所ビル室内外で測定された全有機物質（この有機物質毎ではなくそれらをまとめたもの）の累積度数分布である。一方、わが国の例としては、中明²⁶⁾によってまとめられた換気の有無毎のデータ、表11を1例としてあげることができる。表にあげられている3つのケースの中では、スプレーの吹き付け作業をしている場合が最も高濃度のものである。

表12に示されているのは、Seifert⁴³⁾が WHO のガイドライン²²⁾よりまとめた、VOC に関する長期曝露濃度暴露に関する目標値 (target guidelines) である。

5. アスベストの健康影響

アスベストは、自然界に存在する水和化した硅酸塩鉱物の総称である。最も一般的なのはクリソタイル(白石綿、 $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)である。その他には、アモサイト(黄石綿)クロシドライト(青石綿)、トレモライト、マンソライト、アクティノライトなどがある。アスベストは、まるで絹繊維のようにしなやかでありながら、耐火性、耐摩耗性、耐薬品性に優れ、我々の身の回りの3000種類以上の製品となって出回っているが、我が国で生産されるアスベスト製品の7割近くは、接着剤で固定され、仕上げ材、アスベストセメント、ルーフィングフェルト、屋根葺材などの建築材料として用いられている。その他数%が、粉末の形で断熱材、遮音材、アスベストセメント用粉末として使用されている。1 m²当り80,000本以上の繊維(5 μm 以上)が、イギリスやアメリカのオフィスビル、公共ビル、住宅などにおいては、観測された²⁷⁾との報告もある。労働環境における汚染レベルは、10⁸~10⁹本/m³の範囲とさ

表8 事業所から出る悪臭物質を対象とした外気に関する悪臭防止法の基準¹⁹⁾

悪臭物質	基準値 ppm
アンモニア	1 ~5
メチルノルカプタン	0.002 ~0.01
硫化水素	0.02 ~0.2
硫化メチル	0.01 ~0.2
二硫化メチル	0.009 ~0.1
トリメチルアミン	0.005 ~0.07
アセトアルデヒド	0.05 ~0.5
スチレン	0.4 ~2
プロピオン酸	0.03 ~0.2
ノルマル酪酸	0.001 ~0.006
ノルマル吉草酸	0.0009~0.004
イソ吉草酸	0.001 ~0.01

表9 ドイツの事務所ビル室内の主要発生源からの各種 VOC のリスト²⁴⁾

発 生 源	成 分
床ワックス	1,4-ジエチルベンゼン、ブチルベンゼン、デカン、1,2,5-トリメチルベンゼン、1-ノネン、エチルベンゼン、キシレン、リモネン
カーペット洗剤	芳香をもつ水溶液
天井洗剤	リモネン、p-シメン、ウンデカン、α-ピネン
セラミック床の洗剤	リモネン、p-シメン
石の床の洗剤	ヘプタン、ウンデカン、ノナン、デカン
机の洗剤	p-シメン、リモネン、ウンデカン
ガラス用洗剤	ヘプタン、アンモニア

表10 Gebeluegi らによりまとめられた事務室内外で測定された各種有機物質別の濃度範囲²⁴⁾

物質名	室内	室外	
		午前8時	午前11時
ヘキサデカン	0.4 - 2.7	n.d.	1.60
トデカシ	n.d.- 9.5	6.60	7.5
カンフェン	n.d.- 1.4	0.4	0.4
1,2,3,5-テトラメチルベンゼン	n.d.- 1.7	0.01	n.d.
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	n.d.- 3.1	n.d.	n.d.
ウンデカン	n.d.- 2.4	0.6	0.6
1-ウンデカン	n.d.- 0.8	n.d.	n.d.
1,2-ジメチルベンゼン	0.2 - 3.5	n.d.	0.3
γ-テルピネン	n.d. 0.5	n.d.	n.d.
1,4-ジメチルベンゼン			
ブチルベンゼン	0.5 - 1.7	n.d.	0.5
1,3-ジメチルベンゼン	n.d.- 0.5	n.d.	0.7
リモネン	0.4 -84.0	n.d.	0.4
p-シメン	0.01- 4.5	n.d.	0.01
1,2,3-トリメチルベンゼン	1.1 -70.0	0.9	1.2
α-テルピネン	n.d.- 1.0	n.d.	n.d.
デカン	2.5 -52.0	3.4	3.5
ミルセル/1-デカン	1.0 -75.8	n.d.	74.8
1,2,4-トリメチルベンゼン	n.d.-65.4	44.9	n.d.
2-エチルトルエン	0.8 - 1.3	1.7	1.0
β-ピネン	0.1 - 1.2	n.d.	0.2
1,3,5-トリメチルベンゼン	n.d.-14.0	35.0	n.d.
4-エチルトルエン	7.3 -17.5	n.d.	17.3
3-エチルトルエン	12.0 -25.5	50.0	24.7
プロピルベンゼン	1.2 - 1.7	2.8	1.7
δ-3-カレン	n.d.- 0.4	n.d.	n.d.
α-ピネン	n.d.-10.9	n.d.	0.7
ノナン	3.5 -24.5	4.9	4.1
1-ノネン	n.d.- 0.2	n.d.	n.d.
o-キシレン	9.8 -34.5	48.9	25.9
m-p-キシレン	2.5 -22.9	15.1	8.0
エチルベンゼン	13.4 -28.6	44.6	24.6
オクタン	1.0 - 4.0	4.6	3.0
オクタン	n.d.- 2.1	n.d.	n.d.
トルエン	14.5 -60.0	96.2	55.0
ヘプタン	0.9 - 5.0	4.7	3.7
1-ヘプテン	3.2 -15.5	17.6	14.9

n.d. = 検出できず。検出限界：0.01μg/m³

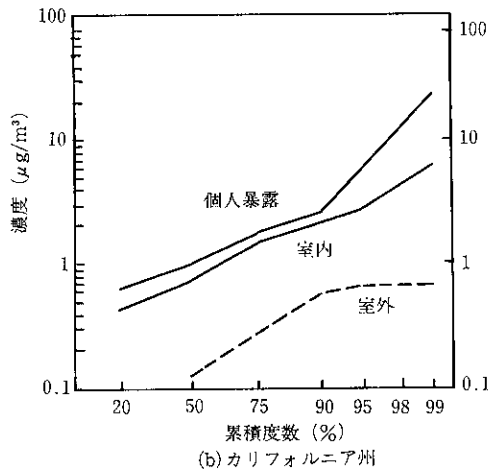
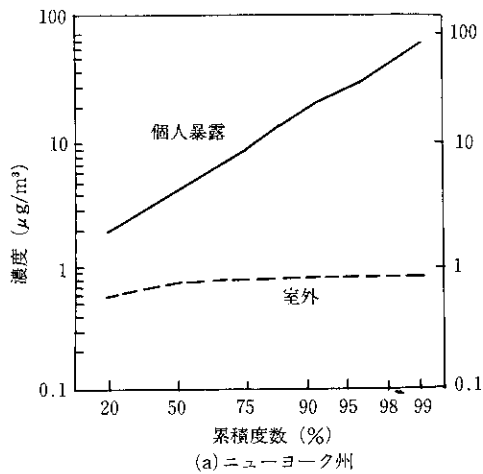


図3 アメリカの750軒の住居及び10軒の事務所ビル室内外で測定された全有機物質²⁴⁾

れている^{27),28)}が、もっと高い濃度が過去にはあったものと思われる。癌以外の呼吸器系疾患（アスベスト肺が主）による著しい死亡率の増加が断熱材やタイルを扱う労働者に認められたとの報告がある^{29),30),31)}。また、何等かの形で市場に出回っている全てのアスベストが、体内において発癌物質となり得ることが示され³⁰⁾、気管支癌、及び胸膜や腹膜の中皮腫の罹病率の増加は、アスベストの工場、断熱材の工事、造船工場、アスベスト鉱山などの労働者のアスベスト被曝と関連があることも示されている³⁰⁾。これらと同様の人々の

消化器系疾患への罹病率が高いこともしめされている^{32),33)}。一般にアスベストに被曝してから15～20年たって癌が発症しているようであるが、疾患の起こる曝露レベルは明かとなっていない。

一般環境に関するわが国の基準は設定されていないが、EPAに基準値10本/1³⁴⁾は、1つの目安とされる。

参考までに、アスベストの代替品としてとして岩綿やグラスウール（中央値1.8μm）の健康影響に触れると、これらに職業的に曝されている労働者は、コーカサス系の白人と比べ良性ではあるが呼吸器系の疾患にかかる率が有意に高かった³⁵⁾と言う報告がある。昔からのグラスウール生産方法による製品においては、直径が1μm以上の粉塵が発生する傾向がみられた。最近の生産方法では、1μm以下の粉塵が個数的に多く発生し、これらの粉塵に曝される工場に働く労働者に、癌性、非癌性の呼吸器系疾患への罹病率の増加がみられるようになってきた³⁵⁾。しかしながら現在までのところ、1μm以下のグラスウール粉塵の漂う環境の中で働く労働者のリスクを判断するのに十分なほどの研究の蓄積はなされていない。但し、動物実験の結果では、疾病の発症にそのような繊維が関与していることが示されている^{35),36)}。

6. 微生物の健康影響

空中浮遊微生物としては、細菌（バクテリア）、真菌（カビ）、植物胞子、ウィルスなど考えられる。これらの内、一般環境における室内空気汚染問題と関係が深いのは、細菌と真菌である。一口に細菌、真菌と言っても多種多様であり、例えば真菌だけでも数万種類はある³⁷⁾との事である。それらの中にはきわめて毒性の強いものも含まれるが、量的には少ないのが普通であり、ここでは、一般の環境において多く存在する一般細菌、真菌と呼ばれるものを中心に扱う。細菌と真菌の違いは、その増殖の仕方によく現れており、図4³⁷⁾に示すように、細菌は、単位ある一定の時間が来ると分裂を起こし増えるのに対し、真菌は、菌糸を伸ばし、胞子を出してと言うように植物が増殖するような増え方をする。

まず、細菌について言えば、室内空気汚染問題として話題となったのは冒頭に紹介したレジオネラ症である。これは、1976年、フィラデルフィアのある

表11 VOC のわが国の測定値²⁶⁾
(a) 接着剤使用（モデルカー組立て）中の室内濃度の経時変化

条 件	作業位置（机上0.5m）					作業者の1m 後方（1.2m）					作業者の2m 後方（床上1.2m）				
	シクロヘキサン	アセトン	酢酸 n-ブチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	シクロヘキサン	アセトン	酢酸 n-ブチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	シクロヘキサン	アセトン	酢酸 n-ブチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
作業中	3	9	—	—	—	2	8	—	—	—	<1	2	—	—	—
	3	13	—	—	—	3	12	—	—	—	3	11	—	—	—
	4	12	—	4	—	5	17	—	6	—	4	15	—	5	—
	5	15	—	3	—	6	21	—	4	—	5	16	—	4	—
	5	16	—	5	—	5	16	—	5	—	4	12	—	3	—
	5	19	—	5	—	5	18	—	6	—	5	19	—	3	—
作業後	6	20	—	5	—	7	24	—	8	—	6	22	—	7	—
	4	16	—	4	—	5	17	—	6	—	5	18	—	—	—

(b) 油性塗料（ニッペホーム建物用）刷毛塗り時の室内濃度の経時変化

条 件	作業位置（床上1.2m）					作業者の1m 後方（1.2m）					作業者の2m 後方（床上1.2m）				
	炭化水素類	酢酸エチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン	炭化水素類	酢酸エチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン	炭化水素類	酢酸エチル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
作業中	3	2	1	1	3	2	2	1	1	2	2	1	1	1	3
	7	7	2	2	8	4	3	1	1	4	5	4	2	2	6
	10	11	2	3	11	8	8	2	3	9	7	7	1	2	6
	16	16	3	5	19	13	13	1	3	15	9	10	1	2	11
	22	25	2	6	25	16	16	1	3	17	15	16	1	3	14
	21	21	1	5	23	19	19	1	5	21	22	22	2	5	16
作業後	25	25	1	5	25	20	22	1	5	23	15	16	1	3	16
	27	29	2	6	29	26	27	2	5	28	28	28	1	5	28
	25	29	1	3	27	26	28	2	3	27	26	29	2	6	27
	20	25	1	2	20	20	24	2	3	21	20	23	1	2	25
	19	19	1	2	15	24	24	2	2	19	20	23	1	4	18

(c) スプレー塗料吹付け時の室内濃度の経時変化

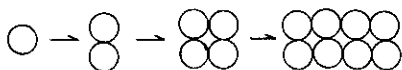
条 件	作業位置（机上0.5m）					作業者の1m 後方（1.2m）					作業者の2m 後方（床上1.2m）				
	プロパン	ジメチル エーテル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン	プロパン	ジメチル エーテル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン	プロパン	ジメチル エーテル	メチルイソブチル ケトン	トルエン	キシレン
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
作業中 (1本目)	48	60	49	52	50	42	57	84	96	40	27	33	56	70	45
	144	96	243	264	210	138	93	243	176	160	138	183	302	205	260
	126	84	264	276	225	102	66	243	240	213	114	75	210	165	180
	108	59	231	200	150	86	72	243	210	190	103	69	192	150	150
	63	64	264	230	238	72	54	200	160	135	63	60	168	170	135

表12 WHOのガイドライン³⁵⁾よりまとめたVOCに関する長期低濃度曝露に関する目標値²³⁾

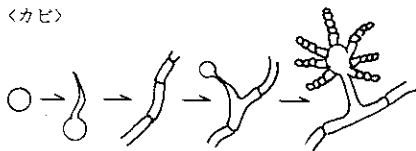
VOCの濃度	濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アレカン	100
芳香族炭火水素	50
テルペン	30
ハロカーボン	30
エステル	20
アルデヒドケトン (ホルムアルデヒドを除く)	20
その他	50
VOCsの統計(目標値)	300

(注) 個々の化学物質の濃度は、属する化学物質類の濃度の50%を超えてはならない。またTVOCの10%を超えてはいけない。

〈細菌〉



〈カビ〉

図4 細菌と真菌の増殖の仕方の違い³⁷⁾

ホテルで開かれたアメリカの在郷軍人大会において、肺炎に似た症状の病気が発生し、182人が罹病し、29人が死亡すると言う事件が起こった。後から考えれば全くの偶然であったが、その当時は、原因不明の上、大会に参加した在郷軍人だけが罹病し、手当の甲斐もなく次々と死んでいったため一大センセーションを巻き起こした。この病気の原因は、レジオネラ菌という通常は土壌中にいて建物内部に大量に侵入することなど滅多にない種類の菌が、何等かの原因で、このホテルのクーリングタワーに入り、そこで繁殖した後、クーリングタワーから霧散し、それを近くにあった外気導入口から空調機が吸入し、全館に輸送したことにあっ

た。この菌に感染すると症状は肺炎と似ているが、治療法が全く異なる病気になるため、肺炎の治療をしている間に病状が悪化し、多くの死者を出すことになった³⁸⁾。この問題は、原因から発生のメカニズムまでが明らかとなっているため対策も明快で、クーリングタワーの清掃を頻繁に行うこと、外気導入口をクーリングタワーから離すこと等である。この様に書くとこの問題はほぼ解決しており、改めて取り上げるに値しないような印象を与えるかも知れないが、この問題は、近代の技術の中にしばしば忍び込む盲点の恐ろしさを表すと共に、空調設備における維持管理や外気導入口の位置などの基本事項の遵守の大切さを示す貴重な教訓であったと言える。レジオネラ症は、この例ほど劇的ではないが、世界各地で発生しており、わが国でも1996年6月に、某私大の附属病院で発生したり、24時間風呂のお湯の中から菌が発見されたりして社会的関心を集めた。レジオネラ肺炎は、低量的な被曝量—影響関係こそ確立されなかった^{39),40)}が、上述の発生源と関係があると考えられている。そのような被曝量—影響関係が確立された例は、ニューヨーク州のロチェスターで行われた麻疹の疫学調査の場合であり、2次感染例を生み出した28のケースの微生物粉塵濃度は、 $5,17\text{m}^3$ の空気当たり1個の割合であった⁴¹⁾と報告されている。

一方、一般真菌の健康影響として、室内空気汚染問題に関連して注目されているのは、アレルゲンとしての健康影響である。しかしながら、アレルゲンとしてのカビに関する被曝量—応答関係に関しては、現在までのところほとんど研究例がみられない状況である。クーラーや低温の超音波で霧を発生させるタイプの加湿機は、感染症の微生物を濃縮した後エアロゾルとして発生させる装置となることが確認されている⁹⁾。また、結露をした壁などの構造体の上には真菌が生えやすい⁴²⁾。

図10に東京都内のあるオフィスの事務室内での細菌、真菌の実測結果⁴²⁾を示す。図よりわかるように真菌の方が細菌より低いレベルであることがわかる(図の縦軸のスケールが異なっているので注意)。一般に室内の微生物濃度は、Yocom⁴³⁾も指摘している通り、屋外の濃度とは無関係で、居住条件や室内での活動により密接に関連している。表13⁴²⁾には、オフィスビルを含む様々な室内空間での微生物濃度の汚染レベルの範囲

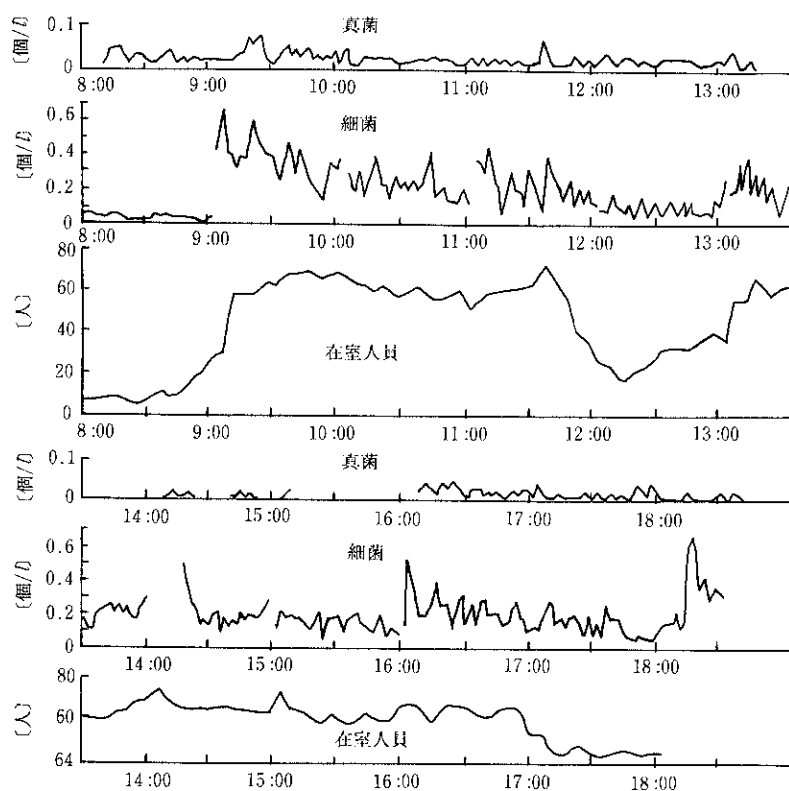


図5 東京都内のあるオフィスビルの事務室内での細菌、真菌の実測結果⁴²⁾

表13 様々な室内空間での微生物濃度の汚染レベルの範囲⁴²⁾

(単位 コ/l)						
施設名	事務所ビル	病院	地下鉄駅構内	地下鉄駅構内	住宅	空調ダクト
細菌	0.1~0.2	病室0.3	夏0.39~0.86 冬0.78~1.4	1.22~4	居間0.59 寝室0.18	ダクト開時0.07
真菌	0.02~0.03	病室0.03	夏0.2 ~0.47 冬0.17~0.22	0.35~0.67	居間0.46 寝室0.50	ダクト開時0.60

を示す。最も汚染レベルが高いのは、地下街や地下鉄構内であるが、これらの場所は、換気量の割には発生源となる人の数が多く、またそれらの人々は事務室などとは比べものにならないほど激しく活動しているためと思われる。

一般環境における浮遊微生物の環境基準的なものは現在検討はされているものの設定には至っていない。

7. アレルゲンの健康影響

アレルゲンとは、正常人には全く無害であるが、それに対し過敏な感受性を有する人（アレルギー体質者と言う）が、吸入、摂取、接触などによりそれを細胞内にとりこむと、喘息、くしゃみ、咳、目・鼻・皮膚などの充血、かゆみ、痛み、炎症などのきわめて顕著

な反応（アレルギー反応という）を起こさせる物質の総称である。図6⁴⁴⁾に各種アレルギー疾患の例をしめす。空気中に漂っているアレルゲンの発生源としては、ダニの虫体及びその排拙物、カビ、動物の毛、ソバガラ、花粉等のタンパク質が挙げられる。アレルギー症の1つであるぜん息の発作を持つ患者が各種アレルゲンに対し、陽性反応を示す割合としてはダニアレルゲンが最も大きく、次が、カビとなっている(図7⁴⁴⁾)。花粉も有力なアレルゲンではあるが、室外からの浸入が主で、室内レベルは屋外より低いのが普通である。このように室内のアレルゲンとしては、ダニとカビが主力であるが、カビについてはすでに述べたので、ここでは、ダニのアレルゲンについて述べる。一口にダニと言っても多種多様であるが、室内においてアレルゲンとなるのはヒョウヒダニと呼ばれる（チリダニとも言われる）種類である。

アレルゲンによりアレルギー反応の起こるメカニズムの概略は、以下の通りである。動物には、その体内に異物（抗原と言う。病原菌、寄生虫、ウイルスなどの異種のタンパク質）が浸入した時、それと結び付く物質（抗体）ができる反応（抗原抗体反応）が起こり、細胞に対し抗原浸入の信号を出し、それを受けた細胞は、浸入した抗原を攻撃したりして無害化しようとする作用、すなわち免疫作用が備わっている。そのよう

な抗体の1つにIgEという抗体がある。これは、本来寄生虫の浸入に際し作られる抗体で、体内にある肥満細胞と呼ばれる特別な細胞表面に集結し、寄生虫と遭遇するとそれと結合し、肥満細胞に寄生虫浸入の信号を送る役目をする。その信号を受けた肥満細胞は、寄生虫を攻撃すべくヒスタミンと呼ばれる物質を出す。このヒスタミンは、寄生虫攻撃に適する反面、血管を拡張したり、内臓の平滑筋を収縮させると言う副作用をもっている。アレルギー体質の人は、この抗体を非常に作りやすい体質となっており、寄生虫以外の抗原が浸入してもすぐにこれが作られ、結果的に肥満細胞からヒスタミンが放出されることになり、血管が拡張し充血したり、平滑筋が収縮してくしゃみが起こったりするなどの反応（アレルギー反応）が起こることになる。なお、アレルギー体質者は、通常全てのアレルゲンに反応するのではなく、1つあるいは多くとも数種の特定のアレルゲンに対しのみ反応する。

以上のように、アレルゲンは、他の汚染質とは、異なり、特定の人にもみ特定の物質が関与するという性質のものであるため、量一応答関係（Dose-response relationship）は確立されておらず、わずかに、ダニ抗原（虫体及びその排拙物）に関する量一応答関係について、Platts-Millsら（1987）が、ダニ抗原が室内のゴミ1g中に10 μ g以上になるとアレルギー患者の急性

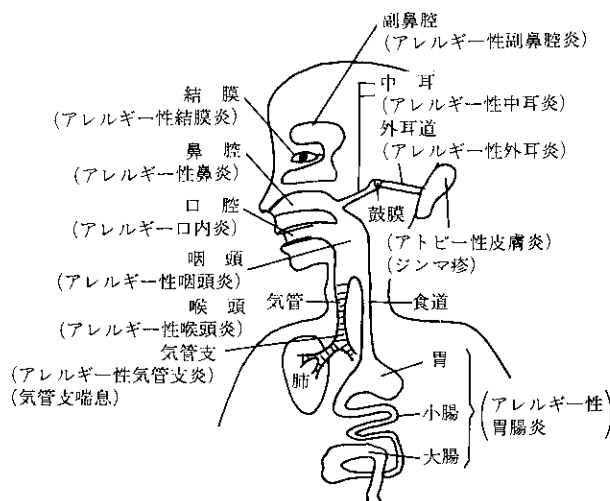


図6 各種アレルギー疾患の例⁴⁴⁾

の喘息が起こりやすくなると述べている⁴⁵⁾だけである。

ダニアレルゲンの主要発生源としては、ヒョウヒダニが好んで棲息する場所、畳やカーペットの中、布団の中などで、これらがアレルゲンの室内における主要発生源となる。図8⁴⁴⁾に示す通り、カーペットはダニが

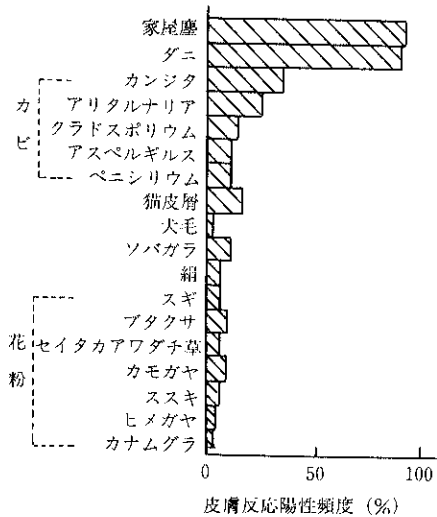


図7 ぜん息の発作を持つ患者が各種アレルゲンに対し陽性反応を示す割合⁴⁴⁾

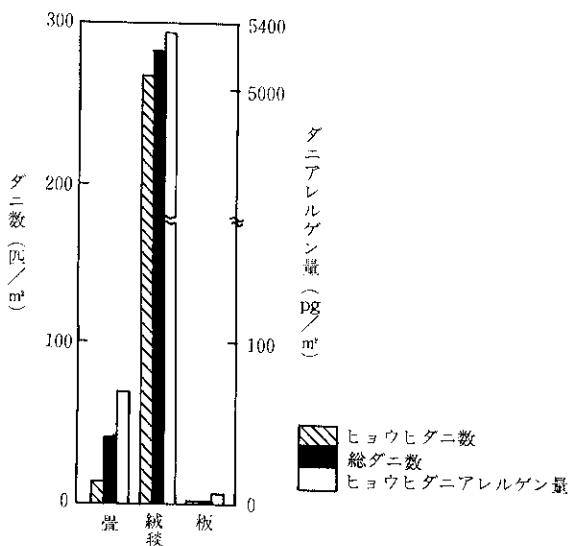


図8 床仕上げ別ダニアレルゲン量の測定例⁴⁴⁾

好んで住むためアレルギー患者を持つ家の絨毯の撤去が医者や保健婦などの人々によって指示されるゆえんである。しかし忘れてはならないのが、布団である。布団は、それ自体がダニの棲息のために好都合な環境を提供するだけでなく、人が布団を使用する場合を考えると、人は、布団の中に顔を埋めて寝るものであり、まさにアレルゲン発生源の中に顔を突っ込んで呼吸するのであるから、布団中のアレルゲン量が如何に重要な意味を持つかが理解されよう。布団からのダニアレルゲンの除去は、最も重要な対策と言える。そのために最も効果的なのが、布団の丸洗い乾燥であり、表14⁴⁶⁾に示される通り、最も効果的な場合には98%以上のアレルゲンを除去している。但し、布団の丸洗い乾燥は、それほど頻繁に行える対策ではないため、布団を叩く、掃除機で吸引するなどの手軽に行える対策の併用も必要である。表15⁴⁶⁾には、それらの対策の効果の例を示した。また、最近では、ダニが侵入で着ないほどの目の細かい(ダニの大きさは数百 μ m程度)布で織られた抗ダニ布団と呼ばれる布団が開発され、その効果が、ぜん息患者による使用などを通して検討されている。なお、布団を陽に干すことは、ダニを殺す(ダニは、50℃程度以上になると生きては行けない)効果はあるが、その死骸や、それが生きているとき排泄したフンの除去には全く役立たないことを忘れてはならない。畳や床からのアレルゲンの除去には清掃が有効である(表16⁴⁷⁾)。

表14 布団の丸洗い乾燥のアレルゲン除去効⁴⁶⁾

(a) 排泄物 (単位 pg/g)			
布 団	水洗前	水洗後	除去率
A	13,600	1,310	90.4%
B	13,900	225	98.4%
C	14,900	2,000	86.6%

(b) 虫 体			
布 団	水洗前	水洗後	除去率
A	5,500	8,910	42.5%
B	19,600	1,490	92.4%
C	24,300	3,720	64.1%

図9には、入江らによって高層集合住宅において測定された結果⁴⁸⁾が示されている。また、図10には、同じ住宅で測定された空中浮遊のアレルゲン量の実測結果⁴⁹⁾を示す。これらの図より、データ数が十分ではないので断定的なことは言えないが、ダニ数は、高温多湿となる夏季が最高となるが、ダニアレルゲン量は、それより少し遅れて秋に最高となることがわかる。医療現場等からの実感としてアレルギー性のぜん息は秋に多いと言うことが言われるが、図10の結果などがその原因の一因とあっているのかも知れない。

現在までのところダニアレルゲンはもとより、ダニ数等に関する環境基準はみられない。

表15 布団丸洗い以外の対策の効果の例⁴⁶⁾

(a) 排泄物 (単位 pg/g)				
布団	除去作業	除去前	除去後	除去率
A	たたく	10,300	13,600	-32.0%
B	たたく+掃除機	23,700	13,900	41.4%
C	掃除機	28,900	14,900	48.4%

(b) 虫 体				
布団	除去作業	除去前	除去後	除去率
A	たたく	12,300	15,500	-26.0%
B	たたく+掃除機	36,200	19,600	45.9%
C	掃除機	40,300	24,300	39.7%

表16 清掃の畳や床のアレルゲンの除去効果⁴⁷⁾

処理前・後ダニ数	処理前ダニ数						処理後ダニ数					
	畳		絨毯		床板		畳		絨毯		床板	
	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅
ホコリダニ科		33	3	21	3			6		6		
ツノダニ科		9		12		3			3	3		
コナダニ科	3			24			9	3				
チリダニ科	108	117	714	558	9	66	48	75	237	396	3	48
イエササラダニ科	618	3	54		3	9	6	3				
その他	9	9		20			3		3	3		
ダニ数合計	126	186	720	689	12	72	69	90	246	408	3	48

(注) ダニ数は1m²当りに換算した。

8. ラドンとその娘核種の健康影響

ラドン222 (Rn₂₂₂) は希ガスであり、ウラニウム238 (U₂₃₈) 系列の崩壊過程の一部にできるラジウム226 (Ra₂₂₆) の壊変成生物質である。Rn₂₂₂の半減期(t_{1/2})は3.8日であり、その娘核種(半減期3分のポロニウム218、1.6×10⁻⁶秒のポロニウム214など)と同様アルファ線を放出するが、化学的には不活性である。ウラニウムやラジウムを含む全てがRn₂₂₂の発生源となる(Ra₂₂₆の半減期は1600年以上であり、Rn₂₂₂の発生は時間によらずほぼ一定と考えられる)。多くの種類の土壌(例えば燐鉱石や産業廃棄物を含む土壌)や石の建材は、ラドンの発生源であることが確認されており、コンクリートや花崗岩で建てられた建物については室内外の線量比が1.3であると考えられている⁴⁹⁾。これに対し木造の家ではこの比は0.75である⁵⁰⁾。

ラドンとその娘核種の存在が、肺癌発生の重要な要因であることがアメリカ、カナダ、チェコスロバキアのウラニウム鉱山及びスウェーデン、ニューファウンドランド、イギリスの非ウラニウム鉱山において確認された^{49),50)}。鉱山労働者に対する疫学調査に基づき、全ての年代に関する平均癌発症率はラドン222タイプの放射線量に関して200~450×10⁻⁶rad⁻¹の範囲であった⁴⁹⁾との報告がなされている。また、35才以上に関しては男女ともこの値より高くなるであろうと予想されている⁴⁹⁾。鉱山における被曝に関する調査では、室内でみられる値より2~3桁高い値がみられた⁵¹⁾。

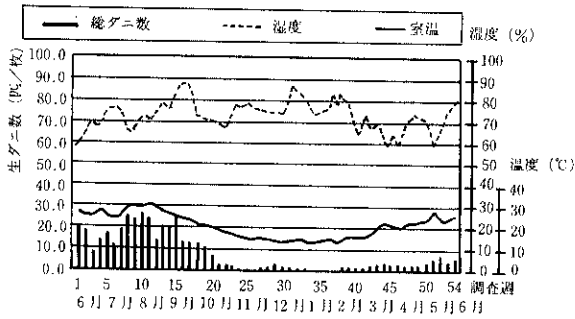


図9 入江らによって高層集合住宅において測定された結果⁴⁸⁾

引用文献

- 1) WHO Regional Office for Europe: "Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects", Report on a WHO Meeting, 1982
- 2) Sterling, E., Sterling, T., and McIntyer, D.: "New Health Hazards in Sealed Buildings", AIA Journal, April, 1983
- 3) 吉沢晋: 「空気環境の管理」厚生大臣指定清掃作業監督者再講習会テキスト, 第2章, ビル管理教育センター, pp.9-16, 1988
- 4) Teichman, K.Y.: "Sick building syndrome. Addressing a real problem?", Document Prepared by Office of Technology Transfer & Regulatory Support, EPA, 1993
- 5) 養輪真澄, 吉沢晋, 池田耕一, 他, 「一事務所における結核の集団発生」日本公衆衛生雑誌, 第30巻, 第2号, pp.77-86, 1983
- 6) 池田耕一: 室内空気汚染のメカニズム, 鹿島出版会, 1992
- 7) NAS: "Formaldehyde and Other Aldehydes", NAS Report, 1981
- 8) NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health): "Formaldehyde; Evidence of Carcinogenicity", Joint NIOSH and OSHA (Occupational Safety Administration) Bulletin, No. 34, 1980
- 9) Wadden, R.A. and Scheff, P.A.: "Indoor Air Pollution", John Wiley and Sons, pp.13-45, 1982
- 10) Bardana, E.J.: "Formaldehyde; Hypersensitivity and Irritant Reactions at Work and in the Home, Immunological Allergy Practice, Vol. 11, pp.11-23, 1980
- 11) 長田英二: 「ホルムアルデヒドによる室内汚染と測定」ベル教育システムセミナーテキスト, No.1516, 建築材料による室内空気汚染の現状と対策, pp.15-32, 1989
- 12) McNail, P.E.: "Indoor Air Quality", ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.) Journal, pp.39-48, June 1986
- 13) 池田耕一他: 厚生省委託研究「建材・機材等から発生する揮発性有機化学物質に関する調査研究委員会報告書」, 財団法人ビル管理教育センター, 1996
- 14) 寺部本次: 「空気汚染の化学」技報堂, 1966
- 15) 池田耕一: 「空気環境と人体」建築設計資料集成1, 環境, 丸善, pp.140-141, 1978
- 16) 矢野壽人: 「香りによる快適空間」住サイエンス, '89秋号, pp.10-15, 1989

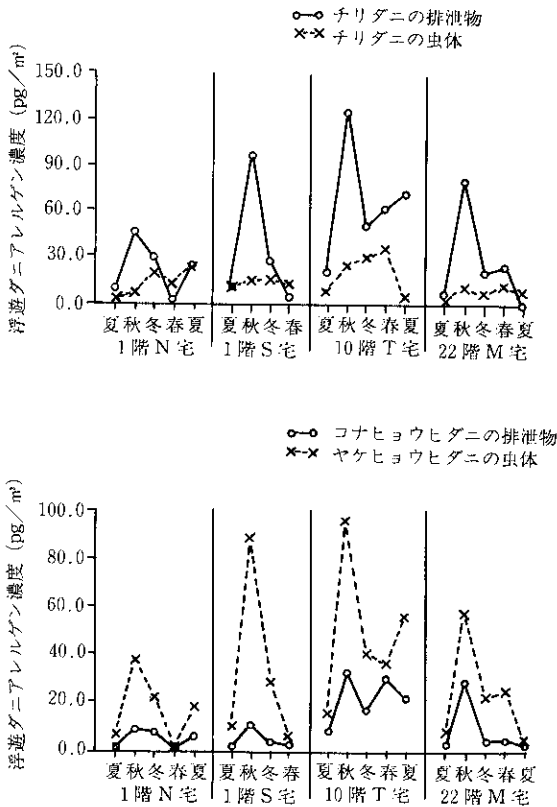


図10 図13と同じ住宅で測定された空中浮遊のアレルゲン量の実測結果⁴⁹⁾

- 17) Nakagaki, M., Ikeda, K., Iwata, T. and Eguchi, M.: "Questionnaire survey and Subjective Experiments regarding Physiological and psychological Effects of HVAC with Fragrance Control Systems on Occupants, Proceedings for INDOOR AIR '96, Vol. 1, pp. 893-898, 1996
- 18) Fanger, P.O.: "Introduction of the Olf and the Decipol Unites to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors and Outdoors", Energy and Buildings, Vol. 2, pp. 1-6, 1988
- 19) 岩崎好陽: 悪臭と公害, 厚生省委託研究, 臭気に関する快適な室内環境の確保に関する調査研究報告書, 第3章, 第1項, 1992
- 20) Jarke, F.H., Dravnieks, A. and Gordon, S.M.: "Organic Contaminants in Indoor Air and their Relation to Outdoor Contaminants, ASHRAE Transactions, Vol. 87, Part I, pp. 153-166, 1981
- 21) Johansson, I.: "Determination of Organic Compounds in Indoor Air with Potential Reference to Air Quality", Atmospheric Environment, Vol. 12, pp. 1371-1377, 1978
- 22) WHO Regional Office for Europe: "Air Quality Guidelines" WHO Regional Publication Series, No. 23, 1987
- 23) Seifert, B.: "Regulating Indoor Air?", Proceedings for Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 5, pp. 35-49, 1990
- 24) Gebeluegi, I.L. and Korte, F.: "Source of Organics in the Air of an Office", Proceedings for Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, INDOOR AIR '90, Vol. 2, pp. 701-706, 1990
- 25) Wallace, L., Pellizari, E. and Wendel, C.: "Total Organic Concentrations in 2,500 Personnel, Indoor, and Outdoor Air Samples Collected in the US EPA Team Studies", Proceedings for Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 2, pp. 639-644, 1990
- 26) 中明賢二: 「揮発性有機物質による室内汚染の現状」ベル教育システムセミナーテキスト No.1516, 建築材料による室内空気汚染の現状と対策, 1989
- 27) NIOSH: "Revised Recommended Asbestos Standard", NIOSH Publication, DHEW, 77-169, 1976
- 28) NIOSH: "Occupational Exposure to Asbestos", NIOSH Publication HSM 72-10267, 1972
- 29) Selikoff, I.J.: "Asbestos Disease in United States 1918-1975", Proceedings for the Conference on Asbestos Disease, Rouen, France, 1975
- 30) Leman R.A., Demet, J.M. and Wagoner, J.K.: "Epidemiology of Asbestos-related Diseases, Environmental Health Perspectives, Vol. 34, pp. 1-11, 1980
- 31) Nowhouse, M.L.: "A Study of Mortality of Workers in Asbestos Factory", British Journal of Industrial Medicine, Vol. 26, pp. 294-301, 1969
- 32) Anderson, H.A., Lilis, R., Daum, S.M., Fischbein A. S. and Selikoff, I.J.: "Household-contact Asbestos Neoplastic Risk", Annual N.Y. Academy of Science, Vol. 271, pp. 311-323, 1976
- 33) Anderson, H.A., Lilis, R., Daum, S.M., Fischbein A. S. and Selikoff, I.J.: "Asbestosis among Household Contacts of Asbestos Factory Workers", Annual N.Y. Academy of Science, Vol. 330, pp. 387-399, 1979
- 34) 小竿真一郎: 「環境基準」建築の分野での実用的室内空気質測定法, 第2章, 第2項, 日本建築学会環境工学本委員会空気環境運営委員会室内空気質小委員会, pp.5-12, 1991
- 35) Bayliss, D.L., Dement, J.M., Wagoner, J.K. and Blejer, H.P.: Mortality Patterns among Fibrous Glass Production Workers, Annual N.Y. Academy of Science, Vol. 271, pp. 324-335, 1976
- 36) Hill, T.W.: "Health Aspect of Man-made Fibers, Annual Occupational Hygiene, Vol. 20, pp. 161-173, 1977
- 37) 市川栄一, 吉川翠: 「家のカビダニ退治法」主婦の友社, 1986
- 38) Turiel, I.: "Indoor Air Quality and Human Health", Stanford University Press, 1985
- 39) Cordes, L.G., Fraser, D.W., Skaliy, P., Perlino, C.A., Elsea, W.R., Mallison, G.F. and Hayes, P.S.: "Legionnaires Disease Outbreak at an Atlanta, Georgia, Country Club, Evidence for Spread from an Evaporative Condenser", American Journal of Epidemiology, Vol. 111, pp. 425-431, 1980
- 40) Smith, P.W.: "Room Humidifiers as a Source of Acinetobacteria Infections", Journal of American Medical Association, Vol. 237, pp. 795-797, 1977
- 41) Riley, E.C., Murphy, G. and Riley, R.L.: "Airborne Spread of Measles in Suburban Elementary School", American journal of Epidemiology, Vol. 107, pp. 421-432, 1978
- 42) 菅原文子: 「室内の微生物汚染」空気調和・衛生工学, 第62巻, 第7号, pp.31-34, 1988
- 43) Yocum, J.E., Cote, W.A. and Benson, F.B.: "Effect of Indoor Air Quality, Academic Press, N.Y., 1977
- 44) 吉川翠, 諸角聖, 松田誠: 「体によい家・悪い家」講談社, 1990

- 45) Platts-Mills, T.A.E. and Chapman, M.D. (1987): "House Dust Mites: Immunology, Allergic Disease, and Environmental Control", The Journal of Allergy and Clinical Immunology, Vol. 80, No. 6, pp. 755-775, 1987
- 46) 今井智子: 「居住環境のダニアレルゲン」法政大学建築学科卒業論文, 1990
- 47) 吉川翠: 「ダニアレルゲン問題の現況と対策」工業技術会講習会, シックビルディングシンドロームの現況と対策要旨集, pp.3.1-3.9, 1992
- 48) 難波英敬, 入江建久, 坂口雅弘, 藤野茂行, 小峯裕巳, 安枝浩, 二宮保男: 「居住環境におけるアレルゲンの挙動に関する研究, その4」第9回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.99-104, 1990
- 49) UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation): "Exposure to Radon and Thoron and their Decay Products, UNSCEAR Report, Annex D, 1977
- 50) Guimond, R.J., Ellet, W.H., Fitzgerald, J.E, Windham, S.T. and Cuny, P.A.: "Indoor Radiation Exposure Due to Radium-226 in Florida Phosphate Lands, US EPA Report, EPA-502/4-78-013, 1979
- 51) NAS: "Indoor Pollutants", NAS Report, 1981