

アレルギー問題に対する建築的対応

池田 耕一

Architectural measures for controlling the airborne allergens
in indoor environments

Koichi IKEDA

1. はじめに

夏には高温多湿の気象条件となる我が国ではダニやカビに由来する空中浮遊性のアレルギーによる空気汚染問題が、アレルギー問題に関連して、在来から室内空気汚染問題の主流であったが、最近の室内空気環境問題に関する我が国の状況は、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOC)などの化学物質による空気汚染にその関心のほとんどが集中しており、空中浮遊性のアレルギーによる空気汚染問題が話題に上ることはあまりなくなっている。しかしながら、アレルギーによる空気汚染問題は根本的には何も解決していない状況には変わりなく、アレルギー問題への対応の重要性は今も変わりがないことは改めて説明を要することではない。本稿では、いくつかあるアレルギー問題への対応の内の建築学的な側面について検討を行う。

2. 対策の対象物質

建築的対策に限ったことではないが、何らかの対策を考えるに当たっては、その対象を限定する必要があるので、ここでは、そのための検討を行う。

アレルギー反応とは、狭義には、アレルギーとしての蛋白質に関わる抗原抗体反応による喘息、皮膚炎などの諸症状のことであるが、類似の症状は、それら蛋白質のアレルギーを原因としなくとも、窒素酸化物、ホルムアルデヒド、VOCなどによっても誘発されることがあり、それらまで含めて広義のアレルギーと言うこともあるのはよく知られたことである。

アレルギー対策を立てるに当たり、狭義のアレルギーに対する対策で、狭義のアレルギー症状が改善されたとしても、広義のアレルギーによる症状が改善されないとすればあまり意味がないこと、さらには、アレルギー対策に関する限りは、狭義の対策に有効な対策の多くは、広義のものにも応用可能であるため、ここでは広義なものまで含む対策を検討することが妥当と考えた。

よって、対策の対象物質としては、ダニ、カビ、花粉、などの狭義のアレルギーの原因となるアレルギーから、窒素酸化物、ホルムアルデヒド、VOCなどのアレルギー症状発症の誘因となる化学物質までとした。

3. アレルギーに対する技術的対策

①概要

室内空気汚染物質の建築学的除去手段としては、汚染質の室内侵入を許さない手段と汚染質の侵入は許したのち除去する手段の2つに大別される。前者は、さらに汚染発生源を除去、隔離する方法と、発生源の性質を変え無害化する方法の2つに分けられ、後者も、空気清浄機によって汚染質を除去する方法と、換気により室外へ排出する方法の2つに分けられる。

これら4つの方法は、汚染質に対する働きかけが、列挙した順に積極性が少なくなるという特徴をもっている。第1番目の方法は、その意味で最も積極的であるが、可能な場合もないことはないが、通常は不可能あるいは困難な対策であると言えよう。すなわち、対象とする汚染質がCO₂、VOC(揮発性有機化合物)、臭気などの場合、その主要発生源の1つが人体及びその活動であることを考えると、全く不可能な対策であると言える。人のいない室内の空気汚染問題と言うものは、通常、意味を持たないからである。また、人以外の汚染源としては、建材や各種の設備機器から発生する放射性的汚染質や化学物質などによる汚染と言うのが考えられるが、この場合は、ある程度の室内からの除去、隔離が可能なのもあるが、事実上それらの措置を採ることが困難な時の方が多いと思われる。また、タバコ煙の場合には喫煙者の自覚と協力があればある程度の隔離は可能かと思われる。

2番目の、発生源の性質を変える方法は、もう少し実現性が高くなるが、発生源の性質を変えるための手段として、加熱、圧縮などの物理的手段を用いることが可能な場合は空気質の改善という観点だけにとてば、それほど問題がないが、実際問題として物理的手段だけで汚染源が無害化したり消失したりすることは少ないようである。多くの場合、

汚染源の変質のために化学的手段に頼らざるを得ない場合が多く、この場合には、当初目的とした汚染質の発生を阻止することができても化学反応により別の形の汚染を生じ、その対策によるリスクと、その対策以前の汚染質によるリスクのどちらが大であるかと言ったきわめて微妙な判断を要求されるリスク評価を行わなければならないのが現状である。そして、対策前の汚染質のリスクが大きい場合対策によるリスクが見落とされがちになったり、あるいは意図的に過小評価されることがあり、この方法にも余り多くを期待できないと言える。

3番目の空気清浄機を用いた室内に侵入した汚染質を除去する方法は、前の2つに比べればかなり実用性の高い方法であると言える。但し、除去の対象となる汚染質が特定されており、さらにその物理化学的挙動特性が十分に知られていないといけない。よって対象とする汚染質が単なる浮遊粉塵1種類の場合のような単純なケースの場合は実用的であると言えるが、VOC、タバコ煙、燃焼排ガス、臭気のように、問題とする汚染質が気体やエアロゾルなどの様々な化学物質からなる場合には、必ずしも全ての原因物質を除去できないと言う欠点を抱えている。また、空気清浄装置の維持管理が不十分だと、浄化装置の汚染保持容量を越える汚染質を処理する結果となり、浄化装置からの汚染の再発生と言う事態も考えられる。さらに、保持容量を越える処理をしていなくとも、管理が悪ければ、捉えた汚染質を保持している部分に微生物が繁殖する、化学反応を起こすなどして、別な形の汚染を起こす恐れが考えられる。

最後に、換気による室内空気中の汚染除去は、最も消極的な方法ではあるが、室内空気中の汚染質がガス状物質であろうとエアゾルであろうと、また、それらの汚染質の挙動等がそれほどよく分かっていなくとも、さらには除去しなければならない汚染質が何種類であろうとも確実に全ての汚染質を室外へ排除できると言うメリットを持っている。特に、VOC、タバコ煙、燃焼排ガス、臭気のような複雑な特性を持った汚染質の除去法としては、最も実用性の高い方法と言える（但し、換気される外気の汚染質の濃度は、室内空気中にある汚染質の濃度より低いことが前提となっている）。

以上のべた4つの方法を適宜組み合わせ、アレルギー問題を軽減するために、室内にある汚染物質の濃度を低減させることが、アレルギーに関する建築学的対応といえる。いかにその概要を説明する。

②ダニアレルゲンの防除

a 換気

他の汚染物質同様、ダニアレルゲンの場合最も簡単で、費用のかからない方法は、換気である。

図1¹⁾に示したのは、ダニアレルゲンではなく、ラドンと呼ばれる放射性的なガスの場合であるが、換気量と濃度の関係が示されている。すなわち、部屋の窓などの開口をすべて閉め切った場合には、室の換気回数は、0.07回/hとなり、壁や床などからしみだすラドンガスによって室内の濃度が、徐々に上がり、2日半後には300Bq/m³に達し、平衡状

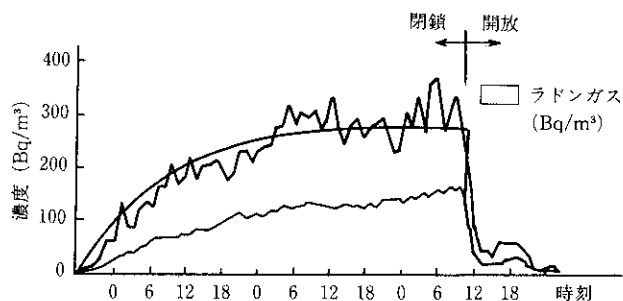


図1 窓の開閉状況とラドンガス濃度の関係¹⁾
(窓を閉切りにした場合)

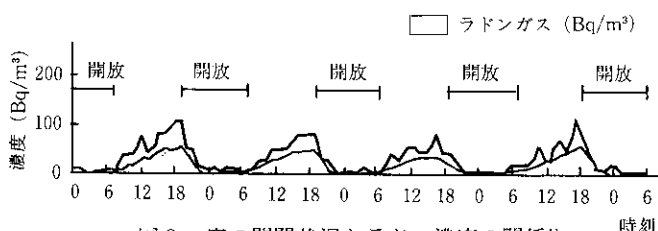


図2 窓の開閉状況とラドン濃度の関係¹⁾
(窓を半日単位で開閉した場合)

態になることがわかる。その後、窓を開け、換気をすると室内の換気量は、数回/hとなり、濃度は、数Bq/m³程度に下がることが示されている。この場合重要なことは、濃度が上がるのには、相当の時間がかかるのに対し、下がるには、1時間程度であることである。したがって、換気をする時間は、閉切っていた時間に比べ、相当短くても濃度を低くすることができることがわかる。

図2²⁾に示したのは、半日ごとに窓の開閉を繰り返した場合の室内濃度変動の様子で、この場合には、室内の濃度が、100Bq/m³程度にしかならず、こまめに換気することの重要性が示されている。

b 湿度の制御

図3³⁾に示したのは、室内の温湿度とダニの個体数の関係である。この図より、ダニは、湿度が70%を超えると増えるが、50%以下では、ほとんど増えないことがわかる。したがって、室内の湿度を50%以下に保つことが重要であるといえる。ただし、ダニの生息場所は、床や布団などであるので、ここで言う湿度は、室中央のものではなく、床付近のものであることに注意する必要がある。室中央の湿度が低くとも、結露などが起こっている場合には、ダニの生息場所での湿度が高くなっていることになる。このためには、室内での過剰な水蒸気の発生を防いだり、壁や床などの断熱を良くして、壁、天井、床、窓などの表面温度が下がらないようにするなどして防湿、防露に心がける必要がある。

c 床の掃除

表1³⁾に示したのは、掃除機による床清掃の効果に関する

る実測結果である。清掃前後でダニ数が減少していることが示されている。

d 布団の管理

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、まさにアレルギー発生源の中に顔を突っ込んで呼吸することとなっている。よって布団中のアレルギー量の削減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、最も重要な対策の1つと言える。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2⁴⁾に示される通り、最も効果的な場合には98%以上のアレルギーを除去している。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3⁴⁾には、それらの対策の効果の例を示した。また、最近では、ダニが侵入できないほどの目の細かい(ダニの大きさは数百 μm 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 $^{\circ}\text{C}$ 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、それが生きてるとき排出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。

なお、上記諸対策以前の問題として、布団の上げ下ろしに際し、あまり埃を立てないようにすることも大切である。それは、上述したとおり、ダニアレルゲンは、比較的粒子径の大きな粉塵であるため、どちらかと言うと発塵しにくいほうの粉塵であり、発塵しなければ、それを吸うことがないからである。

e 空気清浄器

ダニアレルゲンは、粉塵の一種であり、空気中に浮遊しているダニアレルゲンの空気汚染質としての挙動は、浮遊粉塵と同じと考えてよい。したがって、浮遊粉塵除去を主目的とした空気清浄器は、基本的には有効であるといえる。しかしながら、ダニアレルゲンは、粒子径の大きな粉塵であり、空気中に浮遊している時間は、微細粒子のたばこ煙などと比べれば、それほど長くなく、空気清浄器によって除去される効率も、よいとはいえない。また、改めて言うまでもないことかもしれないが、浮遊した粉塵であっても空気清浄器の中に入らない限り除去されることはないのも事実である。よって、あまり過大な期待はしないほうが無難である。

なお、使用者によっては、空気清浄器があることにより、精神的な安定を得るといった側面も認められないとはいえ

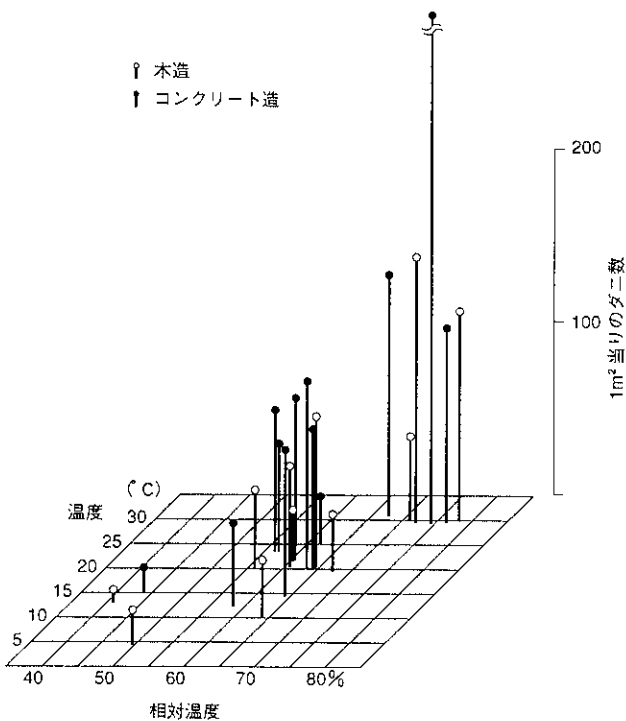


図3 温度、湿度とダニ数の関係²⁾

表1 掃除機による床のダニ処理効果³⁾

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	
調査床材	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅	中央	隅
中央部・隅部ダニ												
ホコリダニ科		33	3	21	3		6		6			
ツメダニ科		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	6	18	3	54		3	9	6	3			
その他	9	9		20			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。

表2 布団の丸洗いの効果に関する実験結果⁴⁾

(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	15,500	8,910	42.5%
B	19,600	1,490	92.4%
C	24,300	8,720	64.1%

表3 布団に掃除機をかけることの効果に関する実験結果⁴⁾

(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%

ないが、逆に、空気清浄器に頼りすぎ、換気や掃除、布団の管理など基本的な防除策を怠るようになるとした問題があるので、この点からも、注意が必要である。

③カビの防止

カビも空気汚染物質としての室内環境中での動態は、微生物粒子であるという点ではダニと益じであるため、その除去対策も、ほぼダニの場合と同様である。若干の違いがあるとすれば、布団には、ダニと比べての話ではあるが、余りカビが生えることはないので、布団の管理を良くすることによってカビが大幅に減るということは期待できないと思われる。

④花粉

アレルギーの原因となる花粉は、原則として室内には発生源がなく、室内環境中の花粉アレルゲンは、すべて外気からの侵入ということになる。このため、このケースでは、換気はできるだけしないことが望ましいことになる。しか

しながら、換気をしないと室内発生性の汚染物質が室内に滞留してしまうことになるので、花粉防除のために換気を完全に止めるというのは、現実的でない。そこで、換気をすることは前提とした上で、それによる外部からの侵入を最少限にすることか侵入したものを室内で除去することになる。ただし、換気を前提とした上で侵入量を最小にするといっても、窓を開けたり、換気扇を運転している時間を最小限にする、窓や換気扇の入り口に花粉除去のためのフィルターをつけるなどしてもそれによる侵入量の大幅な低下は、あまり期待できないため、実際には、室内に入ってきた花粉を空気清浄器で除去することになるものと思われる。

幸い、花粉のアレルゲンもダニやカビ同様比較的粒子径の大きい粉塵であるため、発塵し浮遊塵となり、それが、空気清浄器の入れば効率よく除去されることになる。

⑤窒素酸化物

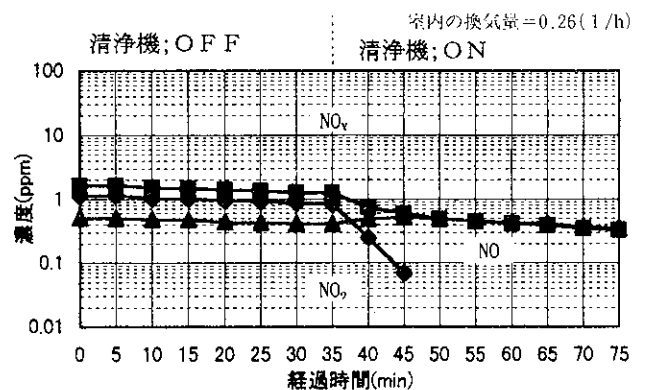
a 換気

窒素化合物は、ガス状の汚染物質であり、室内では、ガスや石油の開放型の燃焼器具から発生する。このため、通常は、室内の濃度は、外気より相当高く、このような場合においては、他のガス状の汚染物質による空気汚染問題と同様、換気は、大変有効な除去手段である。

しかしながら、室内にこれと言った有力な発生源がなく、各部に高速道路や工場などの、強力な発生源があり、室内より外気濃度のほうが高い場合には、先の花の場合と同様、換気は、しないほうがよいことになる。ただし、花粉同様、それをもって換気をまったくしないというのは、現実的でないため、ある程度の換気を前提とした上で、空気清浄器などにより室内濃度を制御することになる。

b 空気清浄器の使用

上述のとおり、窒素化合物はガス状物質であり、元々は、たばこ煙のような浮遊粉塵の除去を目的として開発された空気清浄器は、窒素化合物の除去に関しては、ほとんど無力である(図3⁵⁾中の▲と■)はずであるが、最近では、ガス状物質の除去も視野に入れたとの宣伝文句の空気清浄器も販売されるようになり、場合によっては、図3⁵⁾の中◆に示すようかなりの効果が期待できる場合も見られるようになってきた。特に、窒素化合物の場合には、空気清浄器

図3 空気清浄器による窒素酸化物の除去効果に関する実験結果⁵⁾

等によく吸着されるケースがあり、使い方によってはそれなりの効果が期待できる場合もある。ただし、この種類の空気清浄器を使用する場合には、効果が期待できるかを十分確かめておく必要はあるの言うまでもない。

⑥ホルムアルデヒド、VOCなどの化学物質

a 換気及び空気清浄器

これらの汚染質は、窒素化合物同様ガス状物質であるため、換気や空気清浄器などの汚染防止対策の効果は、基本的には、窒素化合物と同様である。ただし、著者らが実験⁵⁾した限りでは、窒素化合物以外のガス状の汚染物質の除去効果は、窒素化合物ほどではないため、この種の空気清浄器を用いる場合には、窒素化合物以上に、その除去効果に関する確認をとっておく必要がある。

なお、最近、ホルムアルデヒドを極めて効率的にととの空気清浄器が販売され始めているが、そのタイプの清浄器が、著者らの実験⁵⁾した由来製品と比べどの程度であるかは、まだ、公表されたデータはないようであるため、公式の評価はできない状況である。

b ベイクアウト

建材等に含まれたホルムアルデヒドやVOC等の化学物質は、室内の温度が高いほど発生が盛んになるという性質があるが、その性質を利用して、新築建物などに人が住む前に、意図的に室温をあげて、化学物質の放散を活発にしておき、居住者が住むところには発生量が少なくなるような汚染低減対策が、考えられており、このような対策を「ベイクアウト」と言う。

図4⁶⁾に示したのは、実験室内にベイクアウト(室温を24時間にわたって33℃に保った)する前と後のそれぞれの建材について室内のホルムアルデヒド濃度の上昇パターンの違いを比べたものである。図よりわかるようにベイクアウトをした場合はそうでない場合に比べ2割程度低い濃度を示している。ベイクアウトの効果は、この場合のうどの2割減につながったことになるが、ベイクアウトの時間や温度によってその効果は変わってくる。一般的には、温度は

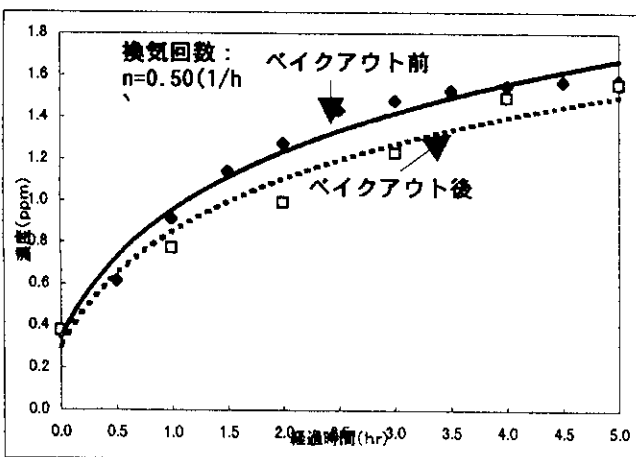


図4 ベイクアウト実施前後のHCHO濃度の経時変化⁶⁾

高いほど、時間は長いほど効果は上がるものと思われるが、温度の上げすぎは、建材の仕上げ材にそりをもたらすことになるし、長時間のベイクアウトは、いろいろな意味でコスト高となるが、それに見合う効果が得られるかどうかは必ずしも明確ではない。空気環境の改善と言う以外の要素も加味した幅広い検討が必要であり、今後の課題の1つである。

4. まとめ

- ①室内の空気浮遊性アレルギーの除去に関しては、通常の空気汚染物質に対する諸対策として最も一般性の高い換気は、この場合も有効である。
- ②それに加え、ダニとカビのアレルギー制御には、湿度対策も有効である。
- ③ダニアレルギーに関しては、さらに、布団を掃除機で吸い取る、丸洗いするなどの管理が有効である。
- ④狭義の意味でのアレルギーではないが、アレルギー症状を悪化させたりその発症を誘引したりする引き金となるホルムアルデヒド、VOCなどの建材等から発生する化学物質の制御には、ベイクアウトと呼ばれる手法もある程度効果が期待できそうである。
- ⑤空気清浄器は、ダニ、カビ、花粉などのアレルギーのような粒子状物質の除去はもとより、窒素化合物のようなガス状汚染質についても機種によっては、効果がある場合がある。
- ⑥ただし、ガス状物質については、まったく効果がない場合もあるので、機種ごとの効果を正確に確認する必要がある。
- ⑦さらに、空気清浄器に頼りすぎ、換気や掃除、布団の管理など基本的な防除策を怠るようになるとした問題であるので、この点からも、注意が必要である。

引用文献

- 1) 池田耕一、吉澤晋、小峯裕巳、紙中修二：「住居におけるラドン濃度構成機構に関する研究」日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1227-1228，1987
- 2) Takaoka, M. "House Mite in Japanese Building and Effect of Essential Oil", Proceedings for International Symposium on Mite and Midge Allergy, pp. 42-56, 1988
- 3) 吉川翠：「ダニアレルギー問題の現状と対策」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状と対策要旨集，pp. 3.1-3.9，1992
- 4) 今井智子：「居住環境のダニアレルギー」法政大学建築学科卒業論文，1990
- 5) 池田耕一、野崎敦夫、吉澤晋、入江建久、飯倉一雄：家庭用空気清浄器におけるガス状物質の除去特性に関する研究，空気調和・衛生工学会講演会講演論文集，第1巻，pp.61-64，1997
- 6) 飯倉一雄、野崎敦夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏：「集合住宅におけるベイクアウト効果に関する研究(2)，室内HCHO、VOC汚染に関する研究(その2)，空気調和・衛生工学会講演会講演論文集，第1巻，pp.57-60，1997