

# 揮発性有機化合物とカビの問題

田 中 辰 明

お茶の水女子大学 生活科学部 教授

## 揮発性有機化合物とカビの問題

田中 辰明

お茶の水女子大学 生活科学部 教授

はじめに

政府は住宅産業政策の基本的枠組みとして、「日本の住宅が直面する以下のような諸課題に対し、住宅設備・建材産業による取り組みを支援することを通じて、21世紀の新たな住宅モデルを実現する」とし、(1)健康快適性、(2)省エネルギー性、(3)資源循環性、(4)防犯・安全性、(5)介護バリアフリー性を挙げている。この中で健康快適性を第一に掲げ、VOCsなどやカビ・ダニなどの健康被害要因の低減を挙げている。そして、省エネルギー対策として平成11年に省エネルギー基準の改正が行われ、住宅の高断熱・高气密化が進んだ。この結果、建材、内装材や家具から放散される化学物質が室内空気中にとどまり、室内空気の化学物質汚染問題が表面化し始め、シックハウス症候群(Sick Building Syndrome)、化学物質過敏症などの健康被害が表面化した。

このように表面化したシックハウス対策として、国土交通省は建築基準法を平成15年に改正して換気装置の義務化を図った。すなわち24時間換気の義務化である。このことは換気による熱損失の増大をもたらし、「健康性の確保」と「省エネルギー性の確保」はトレードオフの関係になった。省エネルギー性と健康性の両立は必須のものになり、そのために政府は、「VOCセンサを用いたモニタリング換気システムの開発」と「調湿及びVOC吸着・分解の機能を兼ね備えた建材の開発」といった技術開発の目標を掲げ、前者に対し、VOCセンサーなどの技術開発として平成17~20年

度NEDOの交付金が用意されている。平成17年度は2億円が予定されている。後者は多機能建材技術開発として、平成16~17年度NEDOのテーマ公募事業として行われることが決定している。

### 1. シックハウスに対する基準値や規制値

厚生労働省は揮発性有機化合物に対し、室内濃度指針値を定めた。1997年に一番問題になったホルムアルデヒド(formaldehyde)の室内濃度指針値を定め、現在では13の化合物の濃度指針値を定め発表している。これを表-1に示す。ここに示されない化合物で、引き続き検討が必要な物質として表-2に示すように3物質に対し暫定的な値が示されている。これらの値はあくまでもガイドラインであり、法的な拘束力を持つものではない。

一方規格の類として、日本工業規格(JIS)でも各種建材からのホルムアルデヒドの放散量に関し規定を行っている。この一覧を表-3に示す。室内の化学物質汚染が問題にされたとき第一に槍玉にあがったのがホルムアルデヒドである。建材からのホルムアルデヒドの放散量レベルの規定が行われ、このレベルに従い☆印を用いて表示することになった。これを表-4に示す。

建築物を設計したり、施工する場合に最も影響を与える法律は建築基準法である。建築基準法第一条では「この法律は、建築物の敷地、構造、設備および用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康および財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的とする」と

表一 1 室内濃度指針値（厚生労働省：シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会・中間報告書・第8回及び第9回のまとめ、2002）

| Volatile Organic Compounds:VOCs  | Indicator       |                          | Date     |
|----------------------------------|-----------------|--------------------------|----------|
|                                  | ppm             | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |          |
| formaldehyde                     | 0.08            | 100                      | 06/13/97 |
| toluene                          | 0.07            | 260                      | 06/26/00 |
| xylene                           | 0.2             | 870                      | 06/26/00 |
| p-dichlorobenzen                 | 0.04            | 240                      | 06/26/00 |
| ethylbenzen                      | 0.88            | 3800                     | 12/15/00 |
| styrene                          | 0.05            | 220                      | 12/15/00 |
| chlorpyrifos                     | 0.00007         | 1                        | 12/15/00 |
| dibutyl phtharate:DBP            | 0.02            | 220                      | 12/15/00 |
| tetradecane                      | 0.04            | 330                      | 07/05/01 |
| butyl benzyl phtharate:BBP       | 0.0076          | 120                      | 07/05/01 |
| diazinon                         | 0.02            | 0.29                     | 07/05/01 |
| acetaldehyde                     | 0.03            | 48                       | 01/22/02 |
| fenobucarb                       | 0.0038          | 33                       | 01/22/02 |
| Total Volatile Organic Compounds | provisional:400 |                          | 12/15/00 |

表一 2 引き続き検討の必要な優先取組物質室内濃度指針（厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会・中間報告書・第8回及び第9回のまとめ、2002）

| Volatile Organic Compounds:VOCs                                 | Indicator             |                          | Date        |
|---|-----------------------|--------------------------|-------------|
|   | ppm                   | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |             |
| nonanal   | 0.07                  | 41                       | provisional |
| C <sub>8</sub> -C <sub>16</sub> aliphatic saturated hydrocarbon | continued examination |                          |             |
| C <sub>8</sub> -C <sub>12</sub> aliphatic saturated aldehyde    | continued examination |                          |             |

表一 3 建材のformaldehyde放散量に関する日本工業規格（JIS）

| 規格番号     | 規格名称   | 制定       | 最新改正     |
|----------|--|----------|----------|
| JISA1901 | 建築材料の揮発性有機化合物（VOC），ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物<br>放散測定方法—小形チャンバー法 | 01/20/03 | 01/20/03 |
| JISA5536 | 床仕上げ材用接着剤  | 05/01/70 | 03/20/03 |
| JISA5537 | 木れんが用接着剤   | 07/01/72 | 03/20/03 |
| JISA5538 | 壁・天井ボード用接着剤  | 11/01/73 | 03/20/03 |
| JISA5547 | 発泡プラスチック保温板用接着剤  | 03/01/81 | 03/20/03 |
| JISA5549 | 造作用接着剤   | 03/20/03 | —        |
| JISA5550 | 床根太用接着剤  | 03/20/03 | —        |
| JISA6921 | 壁紙   | 04/01/76 | 03/20/03 |
| JISA9504 | 人造鉱物繊維保温材  | 09/04/52 | 03/20/03 |
| JISA9511 | 発泡プラスチック保温材  | 08/25/58 | 06/20/03 |
| JISA9521 | 住宅用人造鉱物繊維断熱材   | 03/01/79 | 03/20/03 |
| JISA9523 | 吹込み用繊維質断熱材   | 10/01/83 | 03/20/03 |

表一 4 建材のformaldehyde放散量レベル規定：関連JISより抜粋

| 記号    | 内容   | $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ |
|-------|--|----------------------------------|
| F☆☆☆☆ | ユリア樹脂，メラミン樹脂，フェノール樹脂，レゾルシノール樹脂，ホルムアルデヒド系防腐剤，メチロール基含有モノマーおよびロンガリット系触媒のいずれをも使用してはならない。 |                                  |
| F☆☆☆☆ | 放散速度が5以下のもの。   |                                  |
| F☆☆☆  | 放散速度が20以下のもの。  |                                  |
| F☆☆   | 放散速度が120以下のもの。   |                                  |

\* F☆☆☆☆：温度28℃，相対湿度50%，formaldehyde濃度0.1mg/m<sup>3</sup>（＝指針値）

\* 建築物の部分に使用して5年経過したものについては制限なし。

表一 5 建築材料区分（国土交通省：改正建築基準法に基づくシックハウス対策に係る説明資料「シックハウス対策に係る技術的基準（政令・告示）について）

| 建築                | 発散速度*1               | 大臣認定を受けた建築材料                        | mg/m <sup>3</sup><br>内装仕上げ制限 |
|-------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 第1種 無等級*2         | 0.12>                |                                     | 使用禁止                         |
| 第2種 F☆☆           | 0.02-0.12            | 第20条 5 第2項認定（第2種）                   | 使用面積制限                       |
| 第3種 F☆☆☆<br>F☆☆☆☆ | 0.005-0.02<br>0.005< | 第20条の5 第3項の認定（第3種）<br>第20条の5 第4項の認定 | 制限内                          |

\* 1 温度28℃，相対湿度50%，formaldehyde濃度0.1mg/m<sup>3</sup>（＝指針値）

\* 2 旧JIS：E<sub>2</sub>JAS：F<sub>0.2</sub>相当

\* 建築物の部分に使用して5年経過したものについては，制限なし。

表一 6 第2種・第3種formaldehyde発散建築材料の使用面積の制限(国土交通省：改正建築基準法に基づくシックハウス対策に係る説明資料「シックハウス対策に係る技術的基準(政令・告示)について）

| 居室の種類           | 換気*2                                      | (一)          | (二)          |
|-----------------|---|--------------|--------------|
| 住宅等の居室*1        | 0.7回/h以上                                  | 1.20         | 0.20         |
|                 | その他（0.5回/h以上0.7回/h未満）                     | 2.80         | 0.50         |
| 住宅等の居室<br>以外の居室 | 0.7回/h以上                                  | 0.88         | 0.15         |
|                 | 0.5回/h以上0.7回/h未満<br>その他（0.3回/h以上0.5回/h未満） | 1.40<br>3.00 | 0.25<br>0.50 |

\* 1 住宅の居室，下宿の宿泊室，寄宿舎の寢室，家具その他これに類する物品の販売業を営む店舗の売場をいう。

\* 2 表に示す換気回数の機械換気設備を設けた場合と同等以上の換気が確保されるものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものを含む。

定めている。平成15年7月1日に建築基準法が改正され，化学物質汚染に対する規制も盛り込まれるようになった。継続的に人が使用する部屋を持つ建築物において，chlorpyrifosを添加した建材の使用が禁止された。また表一5，表一6に示すように建物の換気回数により，各等級の建材の使用可能面積が定められ，家具から放散する化合物を考慮して，原則として全ての建築物に機械換気設備の設置を義務付けることとなった。

そして，第2種formaldehyde発散建築材料および第3種formaldehyde発散建築材料については，次の式を満たすように，居室内装仕上げの使用面積を制限することとなった。

$$N_2 S_2 + N_3 S_3 \leq A$$

ここに

N<sub>2</sub>：表一6の（一）欄の数値

S<sub>2</sub>：表一6の（二）欄の数値

N<sub>3</sub>：第2種formaldehyde発散建築材料の使用面積

S<sub>3</sub>：第3種formaldehyde発散建築材料の使用

## 面積

A：居室の床面積

表一6に第2種，第3種formaldehyde発散建築材料の使用面積の制限を示す。

ここに解説したように，室内の化学物質汚染に対する規制はきわめて最近になって行われたものである。筆者の研究室においても，実際の住宅や各種建材について化学物質の放散量測定を行っている。

建材からの化学物質放散量は小型チャンバー法というものがJIS化されている。JISによって制定されていると，それが絶対正しい方法のように錯覚するが，実際にはいろいろ問題があるのも事実である。例えば建材に塗る塗料が問題であるとして，塗料だけの試験をしようとしても何に塗料を塗って測定するかなど，未だ議論の余地がある。天然の木材を使用すれば木材自体からも化学物質の放散があるし，同じ種類の木材でもその放散量は，例えば木材の産地や樹齢によって異なる。

では工場生産のMDFならどうか。これも実際

はかなりの化学物質を放散したり、その量も切り出す場所により異なることが判明した。何の化学物質も出さないものはアルミなど金属板、もしくはガラス板である。筆者の研究室では結局塗装可能なアルミ板を使用し、その上に塗料を塗布し、試験を行っている。しかしこれも本来木材に塗るべき塗料であれば、一旦木材に吸い込まれた後、化学物質を放散するはずであるが、その吸い込まれる現象がなくなってしまふ。また水平面に塗布された塗料からの化学物質放散量を測定しようとしても、試験体はチャンパーの中に垂直でしか挿入できない。表-1~6に示した規制値も神様が決めたものではないので、根拠などかなり疑わしいものもあるのは当然である。その辺の問題を解決するため、24時間換気ということが改正建築基準法でうたわれたのであろう。

## 2. カビはどんな所に生えるか？

カビは人間が快適と感じる気温において繁殖する。カビの種類によって若干異なるものの、相対湿度は85~100%といった高い場所を好む。昔の日本の住宅は暖冷房も行き届かず、夏を旨とした建て方であったため、隙間風も充分に通った。そのようなことから住宅のカビの害はあまり問題にならなかった。しかし最近では年中人間にとって住みやすいように「高気密、高断熱」の住宅が主流になってきた。そのため、人間に住みやすい住宅はカビにとっても棲みやすくなってしまい、カビの被害が増大するようになった。

カビが生えたとそれを餌にしてダニがやって来る。最近アレルギー性疾患に悩まされる人が多くなっているが、カビとアレルギーの関係は極めて微妙である。大いに関係があるものの、丁度花粉の季節に花粉症に悩む人もいればそうでない人もるように「日和見感染症」的なところがある。しかしダニは生きていようと、死骸であろうと糞であろうとアレルギー性疾患を起こすことが証明されている。

## 3. カビのもたらす害

### 1) 人体被害

わが国ではカビを上手く使用して、日本酒、焼酎、鰹節、チーズなど食品を作り、またペニシリンなど医薬品を製造することも行ってきた。一方で人体被害をもたらせるカビもある。アスペルギルス フラブス (*Aspegillus flavus*)、アスペルギルス フミガートス (*Aspegillus fumigatus*)、アスペルギルス パラシテイクス (*Aspegillus parasiticus*) などは極めて毒性の強い、癌原性を有するアフラトキシンを生産するものであるので注意を要する。アオカビ(またはペニシリウム)属の中には黄変米の原因菌であるペニシリウム シトリヌム (*Penicillium citrinum*) などがあり、肝臓障害を起こすカビもある。水虫、ゼニタムシ、シラクモなどもカビによる感染症である。

かびに対するアレルギー反応は100年以上前から知られていた。ある種のかびが鼻炎、喘息、湿疹などを起こすことは分かっていた。しかし、かびアレルギーに係る病理的、生理的機構については現在でもあまり分かっていない。かび過敏症の免疫学的治療法も現在では確立しているとはいえない。人間や動物において、外から異物が入ることによって変わった反応が起こることに対して「アレルギー」という言葉が使われた。これを起こす原因となる物質をアレルゲンと呼び、カビにはアレルゲンとなるものが多い。

しかしアレルギー性皮膚炎はほかのアレルギー性疾患と共に極めて治療が困難で、ステロイドによる治療も試みられているが、場合によってはリバウンド現象によりさらに悪化し、治療を困難なものにしている。治癒してもその原因がよく分からない場合もあり、専門の医者も頭を抱えているのが現状である。

### 2) 建築物被害

かびはいろいろな物質を分解する酵素を含んでいる。ものを腐敗させ、山野に有機物のたい積することを防ぎ、分解物はすぐに肥料にしてしまふ。またタンパク質をアミノ酸にし、澱粉を砂糖に分解し、さらにアルコールにする能力のあるものま

である（例えばコウジかびやケカビ類）。このよう  
なことから、かびは自然界の優れた清掃屋では  
あるが、一方多くの建築材料はカビに弱いといえ  
る。

#### 4. おわりに

筆者の研究室はもともと家政学部から出発して  
いる。同じ住宅の研究を行うにも「如何にうまく  
住まうか」という観点から研究を行ってきた。化  
学物質の問題、かびの問題も如何にうまく住ま  
うかという問題と深くかかわってくる問題である。  
また奥行き深い研究課題でもある。今後のさら  
なる研究が待たれる。

#### [参考文献]

1) Tatsuaki Tanaka, Fumika Kobayashi :  
“Untersuchung über Schimmelpilze und  
aussenseitige Wärmedämmung des Betonbaus  
bei Krankenhäusern” (病院のコンクリート建  
築におけるカビと外断熱に関する研究),  
Gesundheits Ingenieur, Haustechnik,  
Bauphysik, Umwelttechnik 123 Jahrgang  
Dezember 2002, Oldenbourg Industrieverlag  
München

2) Tatsuaki Tanaka, Kousuke Takatori,  
Maki Aihara : “Untersüchung über die  
Schimmelpilzbelastung in Wohnneubauten  
Japans” (日本の新築住宅におけるカビ汚染の  
研究), Bauphysik, 24.Jahrgang Oktober 2002,  
Heft5, Ernst&Sohn

3) Tatsuaki Tanaka, Kousuke Takatori,  
Keiko Miura : “Hauptfangi in der Luft der  
Japanischen Wohnumgebung—Hauptsächlich  
die Verbreitungsart von Penicillium und dessen  
biologische Eigenschaften” (日本の住環境にお  
ける主なる真菌—主にペニシリウムの拡散とそ  
の生物学的特性), Gesundheits Ingenieur,  
Haustechnik, Bauphysik, Umwelttechnik 123  
Jahrgang Juni 2002, Oldenbourg Industrieverlag  
München

4) Tatsuaki Tanaka, Kousuke Takatori,  
Chiaki Kimura : “Untersuchung biologischer  
Eigenschaften von Pilzen in japanischen  
Wohnungen” (日本住宅のカビの生物学的特性  
に関する研究), Heizung Lüftung Klima  
Haustechnik, HLH 9/2002 Springer VDI Verlag  
(Düsseldorf)

[原稿受領日：'05年1月15日]