

# タイトル：変貌を続ける化学物質 - 測定の限界

## 1. はじめに

近年、シックハウス、シックスクールという名称が新聞紙上を騒がせています。更に今年、厚生労働省から「シックハウス症候群」が診療報酬請求が出来る傷病として認定されました(傷病名コード 8841326)。この傷病の原因はいろいろの複合要因が考えられていますが、主として化学物質の被爆によるものと考えられます。かつてはホルムアルデヒドが一番の悪者で、最近ではトルエンとキシレンも加わりましたが、それだけでは無いようです。健康に影響を及ぼす可能性のある因子としては、化学的因子、生物的因子、そして物理的因子等がありますが、本稿では、化学的因子について述べます。

## 2. 国の対策

国も、汚染物質についてチェックする体制を始めています。1997年にPRT法(Pollutant Release and Transfer Register: 環境汚染物質排出移動登録制度)が施行され、MSDS(Material Safety Data Sheet: 物質安全データシート)の提出が義務化されました。2001年には、VOC(Volatile Organic Compound: 揮発性有機化合物)に関する指針値、2002年には厚生労働省より室内環境濃度指針値(表1)、2003年7月には、**建築基準法**が改正(クロロピリホスの使用禁止並びにホルムアルデヒド発生建材の使用制限 表2)と換気設備の義務づけ、経済産業省からは、JIS(壁紙など)、ホルムアルデヒドやVOCの測定方法、規制値規定、農林水産省からは、JASホルムアルデヒド基準の強化、文部科学省からは、学校の実態調査と学校衛生基準の改定(2002)年1回の定期検査等があげられます。

## 3. 指針値とは

室内濃度指針値を表1に示しました。この数値はその時点での科学的な知見に基づき「一生涯その化学物質について指針値以下の濃度の暴露を受けたとしても、健康への有害な影響を受けまいと判断により設定された値」であり、室内濃度指針値を一時的かつわずかに超えたとしても直ちに健康への有害な影響を生ずるわけではありません。又、逆に指針値以下の濃度でも体調に変調を来す事もままあります。従って、指針値の数値にこだわり過ぎるのも問題があるかもしれません。

## 4. 室内空気汚染物質の発生源

室内の空気を汚染する化学物質としては、ホルムアルデヒド、防蟻防腐剤、トルエンやキシレンの様なVOC類が知られていますが、これらの化学物質は建材、施工材以外に居住者の持ち込む家具、カーペット、カーテンや、生活することによる暖房や喫煙等からも発生します。

### 発生源

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| 1. 施工時に決まる  | 構造材、壁材、床材など        |
| 2. 入居後の持ち込み | 家具、調度品、暖房機器、空調システム |
| 3. 居住者の活動   | 呼気、喫煙、芳香剤、防虫剤、     |
| 4. 外気       | 排気ガス、周辺の発生源        |

## 5. VOCの種類

VOCは、その沸点(蒸発のし易さ)により次のように分類されています(表3)。沸点が低いほど、蒸発しやすく、従って、気温により高濃度になる可能性が高いですが、その反面、揮散しやすいので、時間の経過と共に蒸発して無くなってしまい、濃度が下がり

やすい傾向もあります。逆に、高沸点の物質は、低濃度ではありますが、いつまでも蒸発しきらないで残留する可能性も大です。一方、ホルムアルデヒドだけは別格で、例えば、建材に尿素系接着剤が使用されている場合、空気中の湿気や気温等の影響でこの接着剤が加水分解されてホルムアルデヒドが新たに発生する場合があります。即ち接着剤が存在する限りホルムアルデヒドが発生し続ける可能性があるので注意が必要です。

表1 厚生労働省指針物質

1) 厚生労働省が策定した室内濃度指針値

化学物質	室内濃度指針値		AGCH	備考
	μg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	
ホルムアルデヒド	100	0.08	0.3	合板、ボード、壁紙、接着剤
トルエン	260	0.07	50	接着剤、塗料
キシレン	870	0.20	100	接着剤、塗料
パラジクロロベンゼン	240	0.04		防虫剤
エチルベンゼン	3,800	0.88		接着剤、塗料
スチレン	220	0.05	20	発泡スチロール、FRP、塗料、パネル
クロルピリホス	1	0.00007		農薬(防蟻剤)
フタル酸ジ-n-ブチル(DBP)	220	0.02	5	可塑剤
テトラヒカ	330	0.04		溶剤、灯油
フタル酸ジ-2-エチルキシル(DOP)	120	0.0076	5	可塑剤
ダ イジ ノ	0.29	0.00002		農薬(防虫剤)
フェルカルブ	33	0.0038		農薬(防蟻剤)
? 総揮発性有機化合物量(TVOC)	400	-	-	

2) 厚生労働省が審議中の室内濃度指針値

化学物質	室内濃度指針値		WHO	備考
	μg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	
アセトアルデヒド	48	0.03	0.18	ホルムアルデヒド類似、代替
? ナール	41	0.007	-	香料、工業原料
C <sub>8</sub> -C <sub>16</sub> 脂肪族飽和炭化水素	-	-		溶剤、灯油
C <sub>8</sub> -C <sub>12</sub> 脂肪族飽和アルデヒド	-	-		工業原料

(注) : 規制されているもの : 規制予定 : 見直し ? : 暫定  
 単位換算は25度

表2 建材の等級区分

H15/7/1以降の改正				備考
区分	平均値	最大値	発散速度	
F	0.3mg/L以下	0.4mg/L以下	0.005mg/m <sup>2</sup> h以下	使用制限なし 使用制限あり
F	0.5mg/L以下	0.7mg/L以下	0.02mg/m <sup>2</sup> h以下	
F	1.5mg/L以下	2.1mg/L以下	0.12mg/m <sup>2</sup> h以下	
F	5.0mg/L以下	7.0mg/L以下	0.12mg/m <sup>2</sup> h超	

上記の表よりもわかるように、最高級グレードのF でさえ、ホルムアルデヒドの発生量はゼロとは限らないことをご留意下さい。

表3 VOCの分類

名称		例	沸点
VVOC	Very Volatile Organic Compounds	高揮発性有機化合物,ホルムアルデヒド	0- 50
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物,トルエン,キシレン,スチレン	50-260
SVOC	Semi Volatile Organic Compounds	準揮発性有機化合物,可塑剤	260-400
POM	Particulate Organic Matter	粒子状有機化合物,農薬,難燃剤	>380

## 6. 室内空気濃度の測定方法

各測定方法と特徴を表4に纏めました。又、各測定に使われる器具の写真を図1に示しました。測定方法としては、簡易測定法と精密測定法があります。

簡易測定法では、その場で結果が出るメリットは大ですが、共存物の影響を受け易く、各化学物質を分離して測定する事は不可能です。

精密測定法のアクティブ法は空気をポンプで所定量吸引して室内空気をサンプリングして、分析を行うので、最も精度並びに信頼性が高く、表5の様に1度の測定で約50種類もの物質を分離定量することができます。更に、農薬や可塑剤といった特殊な物資でも吸着チューブを替える事などにより分析が可能ですが、サンプリングにも専門家が出張して行うので、費用が高くなります。パッシブ法はチューブやバジグの中に充填された吸着剤を空気と触れさせてサンプリングします。アクティブ法との相関も比較的良く、又、価格的にもこなれているので学校の教室の分析の様な、数をこなさなければならない場合に多く採用されていますが、分析できる化学物質の種類に限られます。一般に精密測定法の場合には結果が出るまでに2～4週間程度を要します。

表4 各種測定法の特徴

測定方法		使用方法	特 色	評価
簡易測定法	検知管	変色した部分の目盛りを読む	安価(共存ガスによる影響大)、濃度判定に個人差大	
	デジタル表示型(半導体センサー)	スイッチを入れるだけで濃度がデジタル表示される	共存ガスによる影響大 センサーが高価	～
精密測定法	パッシブ採取法	一定時間放置しておき、その後、分析機関で濃度分析	測定可能VOCは4～5物質程度	
	アクティブ採取法	ポンプを用いて室内空気を所定量捕集後、分析機関で分析	精密測定法 高価格	

図1 各種の測定機材  
検知管



ポンプは上記写真のようなもの以外に、  
アクティブ法で使うポンプを用いる事もある

パッシブ法  
バッジ

チューブ



アクティブ法 吸引ポンプ



向かって左側がアルデヒド用、右側がVOC用

センサー ホルムアルデヒド用



センサー VOC用



表5 . 測定項目一覧

単位 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

族 別	項目	指針値
脂肪族炭化水素類	n-ヘキサン	
	2,4-ジメチルヘキサン	
	イソオクタン	
	ヘプタン	
	オクタン	
	ノン	
	デカン	
	ウンデカン	
	トデカン	
	トリデカン	
	テトラデカン	330
	ヘンタデカン	
ヘキサデカン		
芳香族炭化水素類	ベンゼン	
	トルエン	260
	イチルベンゼン	3800
	キシレン	870
	スチレン	220
	m-イソトルエン	
	p-イソトルエン	
	1,3,5-トリメチルベンゼン	
	o-イソトルエン	
	1,2,4-トリメチルベンゼン	
	1,2,3-トリメチルベンゼン	
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	
テルペン類	-ピネン	
	-ピネン	
	D-リモネン	
ハロゲン類	シクロメタン	
	クロホルム	
	1,1,1-トリクロロエタン	
	1,2-シクロエタン	
	四塩化炭素	
	トリクロロエレン	
	1,2-シクロプロパン	
	ブロメシクロメタン	
	シブブロメシクロメタン	
	テトラクロロエレン	
p-シクロヘキセン	240	
エステル類	酢酸エチル	
	酢酸ブチル	
アルデヒド・ケトン類	アセトン	
	メチルエチルケトン	
	メチルイソブチルケトン	
	ノナール	41
デカール		
アルコール類 その他	エタノール	
	イソプロピルアルコール	
	1-プロパノール	
	1-ブタノール	
T-VOCAヘキサン以降トルエン換算		400
アルデヒド類(HPLC)	ホルムアルデヒド	100
	アセトアルデヒド	48

その他、農薬や可塑剤の測定も可能です。  
現在、指針値の見直しが行われている。

## 7. VOC測定の問題点

VOCの定義としては、表3の様に沸点が260 以上の物質はVOCとしては見なされません。例えば、2003年7月より使用禁止となった燐系防蟻剤「クロロピリホス」は沸点が300 であるのでVOCには含まれません。従って、VOCフリーといわれる塗料や接着剤にも、VOCの定義にひっからない様な高沸点の有機溶剤が含有される場合が多いです。

私は塗料メーカーですので塗料を例に挙げてご説明しますが、水系塗料の場合には、一般にエマルションと呼ばれる原料が使われます。これは、樹脂の小さな粒子（粒径が数十μm以下）を水に分散させたものです。樹脂の粒ですので水（溶剤）が蒸発した後は、粉となってしまいます。これを塗膜（フィルム状態）にするために、樹脂同士を融着させなければなりません。焼き付け塗料の様に、樹脂同士が融けるような高温をかける事が可能ならばVOCを発生するような添加剤は不要ですが、常温乾燥型の様な場合には、室温程度で互いに融着させるために、樹脂の融着温度を室温まで下げる必要があります。これは、可塑剤や樹脂を溶解軟化させる（高沸点）溶剤を使う事で達成しています。つまり、これらの添加剤の共存により樹脂の粒同士が融着し合い、フィルムを形成します。しかしながら、これらの物質は全く蒸発しないという事ではないので、低濃度ですが長期間にわたり放出し続ける事になります。

水系はVOCという観点からは良いように思われていますが、代替物としての高沸点溶剤（多くの場合グリコール系の水溶性の溶剤が使われています）の安全性については、これからの研究が必要です。

## 8. 悪者？

ホルムアルデヒドは安価であるだけでなく、非常に使いやすい物質で、塗料や接着剤としては、乾燥や硬化が早く、作業性が良く、大量生産に向いています。更に、防腐剤としても万能で、微量で長期間効能を発揮できます。たとえば、壁紙の糊は、壁紙が後で張り替えを容易にするため、澱粉糊（水で濡らすと容易に剥がれる）が使われてきました。これは天然物ですので非常に腐りやすい、カビが生え易い。そのため、ホルムアルデヒドを微量加えてありました。その結果、壁紙からはカビが生えにくい、反面、ヒトにも影響を及ぼし、シックハウス症候群が発生した。又、その昔、近代的の代表だった新建材（合板）は尿素接着剤（尿素とホルムアルデヒドから作られる）が使われてきました。部屋にはいると目が痛い、しかしこれが新築の臭いだったのです。自動車では、ビニールクロスやビニールの配線等が使われていますが、この樹脂は多くがポリ塩化ビニル（塩ビ）で、この樹脂を柔軟にするために可塑剤が大量に添加（樹脂と同じ重量程度）されており、これが新車の臭いとして喜ばれて（？）来ました。ところが、省エネということで高气密、高断熱の家が変わって来た頃からおかしくなり、突然、悪者扱いです。

2004年7月に建築基準法が改正され、クロロピリホスの使用禁止、その他12物質にガイドラインが設定されています。シックハウス症候群の原因物質としては、かつてはホルムアルデヒドが悪者にされ、この物質の濃度が高ければ、鬼の首を取ったようにこれを改善すれば病気が治る、といった錯覚がありました。ここ数年は、ホルムアルデヒド以外に、トルエンとキシレンが悪者にされています（特にシックスクール）。

当然、建材や塗料、接着剤のメーカーは指針値や規制値のある物質は使うと具合が悪いので、指針値や規制値のない物質に変更して対応する事になります。

先に述べたように、クロロピリホスは使用禁止になりました。その代替品は、ピレスロイド系（除虫菊の殺虫成分を化学的に改変し、効果を向上させたもの）が多く使われています。

数年前にホルムアルデヒドの規制が掛かり始めた当初、規制の無かったアセトアルデヒドが代替として使われた時期があったと聞いています。

トルエンやキシレンも規制が入ってきていますが、それを見越して業界では代替として、ケトン類（メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン等）、酢酸エステル類（酢酸エ

チル、酢酸ブチル等)に変更してきています。規制と対応のいたちごっこです。そこで国としても次の段階として、新たに各種化学物質に基準値を設けたり、TVOC量(トータルVOC:VOCの総量)としての規制に入ろうとしています。

しかしながら、代替物質にすると、価格は高い、作業性は悪い、性能も悪い(?)といったデメリットもありますし、更に代替物が本当に安全な物質なのか、という点ではわかりません。かえって深く静かに潜行してきているきらいがある様に感じます。

昨年の建築基準法の改正で、ホルムアルデヒド含有建材の使用制限が出されましたが、この頃以降の建材はF が使われています。シックハウスを考える会としても測定サービスを行ってきていますが、最近の測定結果の多くは、ホルムアルデヒドのみならず指針物質全体的に濃度が下がってきており、指針値のある物質は濃度が低いが体調が悪いという症例が増えてきています。

先に述べたように「代替物の安全性が必ずしも高くない」という事ではない事を祈りたいものです。

## 9. 今後問題となる可能性のある室内汚染の原因物質

現在測定はほとんどなされていませんが、今後、下記のような物質も問題となる可能性があります。

### 農薬類

畳の防虫加工紙：フェンチオン、フェニトロチオン、ダイアジノン

室内の殺虫剤による汚染濃度の基準値は設定されていません。

燐系白蟻駆除剤：(クロルピリホス)、フェニトロチオン、ピリダフェンチオン

塩素系殺虫剤：オクタクロロジプロピルエーテル

ピレスロイド系殺虫剤：ペルメトリン、トラロメトリン

防虫剤：パラジクロロベンゼン、ナフタリン

防腐剤：クレオソート油

### 抗菌グッズ

有機系：合成洗剤、蔗糖脂肪酸エステル

無機系：銀や銅を合成ゼオライト、シリカゲル、リン酸カルシウムに担持

難燃剤(防炎加工)：有機燐系(TCEP)、ハロゲン系

### 食品添加物

酸化防止剤：BHA(ブチルヒドロキシアニソール)

## 10. 最後に

シックハウスを考える会では、毎月の例会で勉強会を開催し、日々研鑽を行っていています。お医者さんの立場からも是非ご参加下さい。又、分析測定サービスも行っていますので、お問い合わせ下さい。

問い合わせ先 NPO法人 シックハウスを考える会

〒575-0013 大阪府四條畷市田原台4-6-2

TEL:0743-79-9103 FAX:0743-79-9153

<http://www.sickhouse-sa.com>