

初心者のためのVOC講座

北海道立林産試験場 技術部合板科研究主任 秋津裕志

ここ数年、環境および健康が注目されています。そのなかで、室内環境や健康住宅が身近で重要な問題であり、マスメディアなどで取り上げられることも度々です。さらに近年インターネットという新しい情報伝達システムにより、必要な情報が瞬時に得られるようになり、様々な情報が入り乱れています。しかしこれらの問題は、建築、有機化学、高分子、公衆衛生や林産など多くの分野が関連していて複雑で、それらを理解するには各分野の知識が多少必要になってきます。

そこで、林産の分野から、室内環境やVOCの問題のわかりやすい解説が必要だと思われ、多少興味のある人（A氏）とこれらの問題に取り組んでいる人（B氏）との会話形式にしてみました。寝ころんだり、気楽に読んでもらえればと思います。

A：最近、シックハウス症候群という言葉が耳にしますが、これはいったいなんですか？

B：1979年にデンマークでシックビル症候群が紹介され、世界保健機構（WHO）では、建物内で次のような症状が起こる場合に定義しています。

1. 目とくに球結膜、鼻粘膜および喉の粘膜刺激症状
2. 粘膜の乾燥（くちびるなど）
3. 皮膚の紅斑、じんま疹、湿疹
4. 疲労の感じやすさ
5. 頭痛、頻発する気道感染
6. 息がつまる、ぜん鳴
7. 非特異的な過敏症
8. めまい、はきけ、嘔吐

日本では、これらの症状が住宅内で起こる場合、その派生語としてシックハウス症候群が使われるようになりました。

A：では、なぜこのような症状になるのですか？

B：これらにかかわる大きな原因が2つあります。

その1つは、換気の問題です。

省エネのため、冷暖房効率をよくするために住宅の気密性能が良くなっています。それによって、換気が十分に行なわれず、室内の空気が汚染されることで生じるとされています。

A：特に北海道では、冬の暖房効率を良くするため、高断熱・高气密住宅が普及していますね。

B：最近では、隙間相当面積 $2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下という住宅も珍しくなくなってきました。

A：気密性能に関しては、換気回数というのを聞いたことがあるのですが、隙間相当面積とは何ですか？

B：住宅にはドアや窓などに小さい隙間があります。それら全ての隙間が床面積 1 m^2 当たりどれだけあるかという値です。換気回数は、1時間当たり何回空気が入れ替わるかという値です。しかし、住宅内外の温度差などの条件で違ってきます。例えば、住宅の内外の温度差が 10°C で、自然換気回数は 0.07 回/h 、 30°C だと 0.2 回/h と大きく異なります。そこで、温度差などに影響されない隙間相当面積が気密性能の指標になりました。

A：なるほど、隙間相当面積が $2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ の場合、住宅の内外の温度差が 30°C だと、約5時間後にやっと全部の空気が入れ替わるわけで、強制換気しないと部屋の空気が汚れてしまうわけですね。では、もう1つの原因とは何ですか？

B：それはVOCです。

A：VOCとは、ホルマリンとかですか？

B：VOCとは、揮発性有機化合物のことでVolatile Organic Compoundsの略です。WHOでは、沸点で有機化合物を表1のように分類しています。それから、正確にはホルマリンとは水溶液のことで、気体の場合は、ホルムアルデヒドといいます。

A：ホルムアルデヒドはVOCで、トルエンなどはVOCになるわけですね。

表1 揮発性有機化合物の分類

	分類	沸点範囲	物質名
VVOC	超揮発性有機化合物 Very Volatile Organic Compounds	~50-100℃	ホルムアルデヒド
VOC	揮発性有機化合物 Volatile Organic Compounds	50-100℃ ~240-260℃	トルエン, キシレン, ベンゼン スチレン
SVOC	半揮発性有機化合物 Semivolatile Organic Compounds	240-260℃ ~380-400℃	リン酸トリブチル (TBP) フタル酸ジオクチル (DOP)
POM	粒子状物質 Particulate Organic Matter	>380℃	リン酸トリクレシル, クロロピリホス, ホキシム, ピリダフェンチオン

出典: WHO, Indoor air quality: Organic pollutants, EURO Reports and Studies 111, 1987

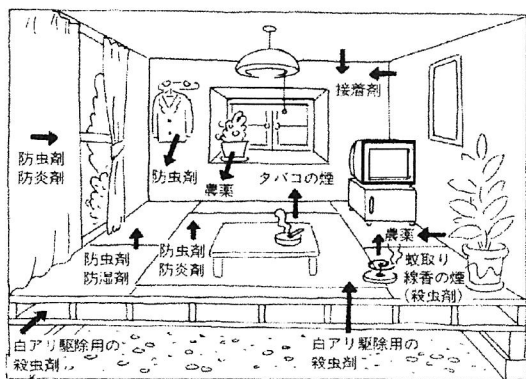


図1 化学物質の発生源

出典: 石川哲: 化学物質過敏症ってどんな病気

表2 ホルムアルデヒドの短期間曝露による人体への影響

ホルムアルデヒド濃度 (ppm)		人体への影響
推定中央値	報告値	
0.08	0.05-1	におい検知閾値
0.4	0.08-1.6	目への刺激閾値
0.5	0.08-2.6	のどの炎症閾値
3	2-3	鼻・目への刺激
5	4-5	催涙 (30分間なら耐えられる)
15	10-21	強度の催涙
31	31-50	生命の危機, 浮腫, 炎症, 肺炎
104	50-104	死亡

出典: ECA, Commission of the EC "IAQ and Its Impact on Man"

B: 図1のように様々な化学物質が住宅内で発生しています。

A: 住宅内にはたくさんの化学物質があるわけで、換気が重要になるわけですね。

B: そうです。それと換気だけでなく、放散される化学物質の量を少なくすることも必要です。

A: 化学物質の濃度を表す単位でppmというのをよく聞くのですが、これはどういう単位なのですか?

B: ppm (parts per million) は、100万分中のいくつであるかを示す分率で、気体で1 ppmとは、空気1 m³中に1 cm³存在することを示しています。1997年に厚生省から出されたホルムアルデヒドの室内濃度の指針値は0.1mg/m³で、空気1 m³中に0.1mgのホルムアルデヒドが存在することを示しています。

A: ppmではcm³という体積で、指針値の濃度はmgという重量で表しているわけですね。

B: そうです。気体の場合、重量は温度や圧力で値は変わりませんが、体積は変わります。ですから、指針値の0.1mg/m³はppmでは、23℃, 1気圧の状

態で0.08ppmという値になります。

A: 0.1mg/m³とかいわれてもあまりピンとこないのですが。

B: 表2に、ホルムアルデヒドの短期間曝露による人体への影響を示してあります。この基準は、個人差によって違いますが、おおよその目安にはなると思います。

A: 0.08ppmは、においが感じ取れる限界ということになるわけですね。

B: 室内でホルムアルデヒドのにおいがするという場合は、指針値をオーバーしている可能性があります。

A: 合板などの建材からホルムアルデヒドが放散されるというのを聞いたのですが?

B: 合板やMDF (中比重繊維板) などの木質材料は、接着剤を使っていて、その接着剤からホルムアルデヒドが放散される場合があります。

A: その場合、建材のホルムアルデヒド放散量の基準というのはあるのですか?

B: あります。合板はJASで、MDFとパーティクルボードはJISでデシケータ法を用いて、表3のよ

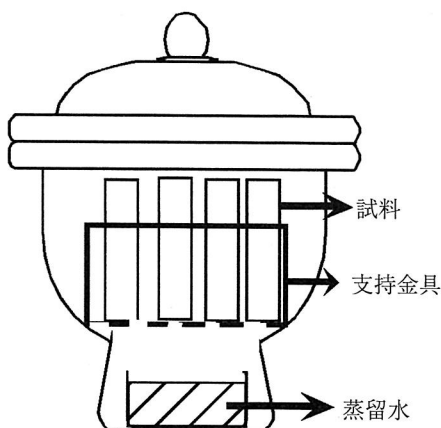
表3 木質ボードのホルムアルデヒドに関する基準

合板に関する日本農林規格 (JAS)

表示の区分	ホルムアルデヒド放散量	
	平均値	最大値
F1	0.5mg/1以下	0.7mg/1以下
F2	5.0mg/1以下	7.0mg/1以下
F3	10.0mg/1以下	12.0mg/1以下

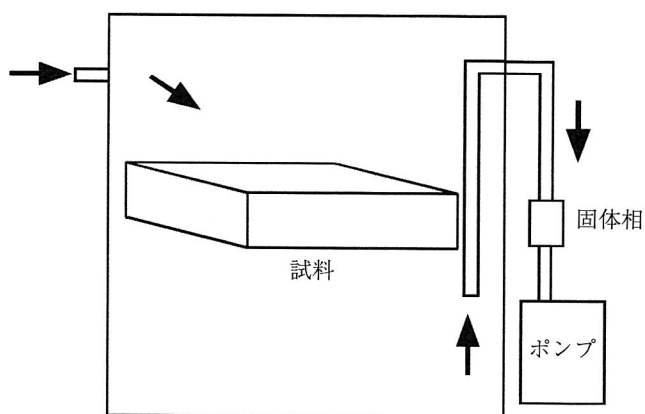
MDFとパーティクルボードに関する日本工業規格 (JIS)

種類	記号	ホルムアルデヒド放出量
E ₀ タイプ	E ₀	0.5mg/1以下
E ₁ タイプ	E ₁	1.5mg/1以下
E ₂ タイプ	E ₂	5.0mg/1以下



デシケータ (内容量 9 ~ 11l)

図2 デシケータ法



チャンバー

図3 チャンバー法

になります。ですから、厚さ12mmのMDFは9枚、厚さ30mmだと7枚になります。最近、JASとJISの基準を統一しようという動きがあります。

A : しかし、その基準は、指針値の0.1mg/m³よりかなり多い値になっていますね。

B : デシケータ法の値と厚生省の指針値では、測定方法が全く違うので、単純に比較できません。

A : それはどういうことですか？

B : 図2のようにデシケータ法は、デシケータというガラス容器の中の蒸留水に、試料から放散されたホルムアルデヒドを捕集し、水1ℓ当たりの重量を測定する方法です。厚生省の指針値は、空気を捕集して、空気1m³当たりの重量(体積)を測定する方法です。

A : ということは、デシケータ法は、狭い空間にたくさんの合板などを入れ、湿度や換気回数などの条件は無視した値で、水中濃度なのですね！

B : そうです。厚生省の指針値の場合は、空気を採集するので、実際の住宅の測定に利用できます。しかし、温度、湿度や換気回数などの測定条件がないので、これらの条件が違えば、単純に比較することができません。

A : ということは、デシケータ法は、材料のホルムアルデヒド放散量を比較する場合に適した方法といえますね。

B : そうですね。しかし、デシケータ内の湿度が100%に近い状態になっているので、その点では、多少問題があります。最近、欧米などでよく用いられている方法で、チャンバー法というのがあります。これは、図3にあるように、チャンバー内の空気をポンプで吸引し、固体相(2,4ジニトロフェニルヒドラジンシリカゲル(DNPH)カートリッジ)にホルムアルデヒドを捕集し定量します。

A : この方法だと、温湿度や換気回数も制御できますね。

うに規定されています。

A : JASとJISでは表示や基準が違うのですか？

B : そうです。これは気をつけなければいけません。それと試験方法も若干違います。

JASでは、合板の厚さが12mmでも30mmでも、検査する試料の枚数は10枚と決まっています。

しかし、JISでは、全表面積が1800cm²に近い枚数

B：その上、大きなチャンバーを使うと、デシケータ法では測定できなかった集成材やLVLなどの大断面のものや家具などの製品も測定することができます。

A：ところで、全ての木質建材からホルムアルデヒドが放散されるわけですか？

B：基本的には、ホルムアルデヒドは接着剤から放散されます。接着剤にはいろいろな種類のものがある、その中でホルムアルデヒド系といわれる、ユリア樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、フェノール樹脂やレゾルシノール樹脂接着剤などのホルムアルデヒドを使用している接着剤から放散されます。

A：ホルムアルデヒド系の接着剤以外の接着剤は、合板やMDFなどの建材に使われないのですか？

B：合板では、低価格、作業性と接着性能の点でほとんどホルムアルデヒド系の接着剤が使われています。最近、ホルムアルデヒドが大きな社会問題になっているため、F1などの低放散量の合板が多くなっています。また、集成材では、造作用などはノンホルムアルデヒドの水性ビニルウレタン接着剤を使っている場合がほとんどです。MDFなどは、イソシアネート接着剤を使っている場合があります。

A：それでは、F1やE0のボードを使った場合、厚生省の指針値をクリアするにはどれくらいの量を使えるのですか？また、F2やE1などは全く使えないのですか？

B：それに関しては、日本住宅・木材技術センターで出版しているテキストに、木質ボードの使用量と気中濃度の関係を示しています。これは、逆デシケータ法の値から気中濃度を推定する方法なので、多少の誤差があります。

A：逆デシケータ法とは何ですか？

B：デシケータ法のバリエーションで、デシケータの蓋の代わりに、測定する建材を蓋にして、それから放出されるホルムアルデヒドを測定する方法です。この方法だと、一面だけの放散のため、フローリングのように、塗装面だけ室内側に暴露されている様な場合に、実際に近い放散条件での測定だといえます。

A：しかし、基本的にはデシケータ法なので、湿度や換気回数は？

表4 室内空気のTVOCについて提案されている目標値

VOCの化学的分類	濃度(μg/m ³)
アルカン類(脂肪族炭化水素)	100
芳香族炭化水素類	50
テルペン類	30
ハロカーボン類(ハロゲン化炭化水素)	30
エステル類	20
アルデヒド・ケトン類(ホルムアルデヒドは除く)	20
その他	50
目標とする指針値(VOCの合計)	300

注：個々の化学物質濃度は、それが属する化学物質類の濃度の50%を越えないこと、また、TVOCの10%を越えないこと。
 出典：(財)日本住宅・木材技術センター：木質建材のホルムアルデヒドに関する手引き

B：それらの条件に関しては数式があり、補正することができます。しかし、気中濃度で測定する方法がいいのかもしれませんが、道立林産試験場では、建材のホルムアルデヒドの放散量や、住宅部材や家具全体などから放散されるホルムアルデヒド放散量を気中濃度で測定しています。

A：それらの結果が待たれますね。今後、ホルムアルデヒドだけでなく、その他のVOCはどうなるのですか？

B：WHOでは、表4に示すようなVOCに関する指針値を提唱しています。

また、厚生省で組織された「快適で健康的な住宅に関する検討会議」の「化学物質小委員会」が「総揮発性有機化合物(TVOC)の指標については、健康への影響を直接的に評価する指標ではなく、室内空気の汚れの指標としてTVOCの概念を導入することが望ましく、今後の実態調査結果や国際的な動向を参考としてガイドライン値の設定を検討していくことが適当、また、トルエンやベンゾピレンなどについて、室内濃度の指針値等を順次検討していく必要があると考えられる。」という提言をしています。

A：今後、それらの指針値について、厚生省などの国の動きについて注意しないとイケないですね。

B：それと、トルエンなどのVOCを測定するには、ガスクロマトグラフィー(GC)やガスクロマトグラフィー質量分析計(GC-MS)などを利用する方法しかないのも、ホルムアルデヒドのように、ppmオーダーで精度の高い簡易測定装置の開発が待たれます。