

解説

安全な住まいのために —建材から発生する化学物質を考える—

北村 維朗

JP

はじめに

埼玉県のKさん一家は3年前に、新築のマンションに引っ越しましたが、ちょうどその頃、会社の方も、新社屋に移りました。その頃からKさんはすっかり身体の調子が悪くなつたということです。はじめは、鼻水や咳が止まらない状態が続き、ついに肺炎になって入院する羽目になつてしまひました。

愛知県のIさんは一戸建て住宅を購入しましたが、ものすごい湿気に悩まされ、ダニアレルギーになつてしまひました。これは外装のセラミックパネルに多数のひびが入り、そこから水がしみ込んだせいでした。そこで補修工事をたのみましたが、その時の内装の塗料が悪く、Iさん一家と愛犬まで、化学物質過敏症にかかるつて今でも病院通いだそうです。この時のIさんの家の室内空気の分析結果は、トルエンが1700ppb^{*1}、ホルムアルデヒドは2800ppbもあり、それが過敏症の引き金になったと考えられます。その症状は、わずかな化学物質に反応して、頭痛や目の痛みが出てくることです。

神奈川県のYさんの家は、とにかく陽が当たらない寒い家でしたが、子供たちが腎臓が悪かったり、アトピーがあつたりするのも室内空気中の化学物質が原因と思われました。

これらはある生活情報誌の一健康な家づくりのために一題した特集号¹⁾に紹介された事例です。結論から先に言えは、これらの皆さんには、壁や天井にはスギ板、床材は檜の木のムク板、壁紙はドイツ製の自然材料、糊はでんぶん糊を使うといった、徹底的に化学物質を排除した、新しい住宅に移って健康を回復しています。

これらの症状は、住宅構造が改良され、気密性や保温性、遮音性が良くなつくるのに伴つて、しばしば現れるようになったもので、シックハウス症候群として、医学関係者も注目を始めています。

厚生省や建設省でもこれを見過ごすわけにも行きませんから、「健康住宅研究会」を発足し、揮発性有機化合物（VOC）に対するガイドライン作りが始まっています。

揮発性有機化合物

シックハウス症候群の原因は各種の建材や内装材、内装工事の際に使われる接着剤や塗料、さらに家具類や各種の住宅装備品から空気中に拡散してくる化学物質と考えられています。しばしば指摘されている物質の主要なものを表にすると次のようになります。

表1 主要な揮発性有機化合物と蒸気圧（20℃）

化 合 物	蒸気圧 (mmHg)
ホルムアルデヒド	3284
アセトアルデヒド	749
トルエン	22
キシレン (p-)	7
ベンゼン	75
脂肪族炭化水素 (オクタン)	10
テルペン類 (α-ピネン)	4
有機リン系農薬	—

ここに蒸気圧を加えたのは、この数値が物質の空气中に放出される傾向の大きさを端的に示しており、この数値が高いほど気中濃度が高まりやすく、容易に呼吸器から体内に吸収されるので、危険性がそれだけ高くなるからです（危険性は化学物質の固有の毒性と蒸気圧の相乗効果で予測できます）。ホルムアルデヒドの群を抜いた大きさに注目してください。

- ホルムアルデヒドはユリア樹脂、メラミン樹脂、フエ

*1 ppb : 10億分率 (Parts per billion) の略記号。ppmより1000倍大きな分率。1700ppbは10億部中1700部の含有率を示す。

ノール樹脂、レゾルシノール樹脂などの主要構成成分で、接着剤として合板やパーティクルボード、集成材など木材加工製品に最も普遍的に利用されています。塗料用樹脂にも使われており、耐水性を与えるため繊維製品の加工にも用いられ、耐水性と防腐・防カビ性を与えるために、壁用ビニルクロスの接着剤の中にも加えられています。気中の濃度が高くなると、目や鼻、喉の粘膜を強く刺激して、時によっては肺に膿性炎症を起こし、肝障害や腎障害の可能性も否定されておりません。

もっともシックハウス症候群で問題にされるのはこのような高濃度での直接的な症状ではなく、はるかに低濃度が問題となる化学物質過敏症に関わることなのです。

WHO（世界保健機関）ではホルムアルデヒドの室内濃度として、0.08ppmの指針値を示していますが、「研究会」ではどのようなガイドラインが示されるのでしょうか。いずれにしても、空気中に拡散する性質が抜群に高く、各種の材料に最も普遍的に含まれているホルムアルデヒドはもっとも警戒すべき化学物質です。

- アセトアルデヒドはホルムアルデヒドの刺激性を嫌つてその代わりに使われているもので、ビニルクロスの現場施工用の接着剤に含まれています。これらはノンホルマリン糊と称しています。これも皮膚や粘膜を刺激し、中枢神経に麻酔的に作用するといわれています。

- ベンゼン、トルエン、キシレンは芳香族炭化水素というグループにまとめられます。接着剤や塗料の溶剤やシンナーに含まれています。ベンゼンの白血病の危険性はよく知られていますが、そのほかのものも毒性があり、中枢神経系、脳神経系、末梢神経系、皮膚粘膜、造血器、腎臓、肝臓等に障害を与える危険性があります。低濃度でも、頭痛やめまいを起こしやすく、高濃度では嘔吐やまひを起こします。

- 脂肪族炭化水素類は灯油など石油製品の成分で、芳香族炭化水素に比べると毒性は少ないのですが、それでも吸い込む量によっては刺激や不快感があり、頭痛、めまい、集中力の低下を引き起こします。

- テルペン類は木材の天然の芳香成分で、アメリカやドイツから輸入されている自然塗料などにも入っているので、有害物質とは考えられませんが、これとて「化学物質過敏症」の人にとってはさまざまな症状の引き金になります。

- 有機リン系農薬は防虫剤や白アリ駆除剤として住宅

の中で使われています。タタミはJISで防虫処理が義務づけられているので、ほとんどがこれを使った防虫加工紙や不織布で床を包み込んであります。

このように住宅の中にはさまざまな危険性が潜んでいますが、これを過大評価することは合理的ではありません。

これらの揮発性有機化合物の中で、とくに蒸気圧が高く人体に取り込まれる危険性が高いのは、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドで、その他のものは、蒸気圧が1ケタも2ケタも低く、適切な換気設計で気中濃度を安全な範囲内に収めることができます。

とはいっても、表に示した蒸気圧は20°Cのもので、温度が高くなるとこれよりはるかに高くなります。例えば、ベンゼンは20°Cでは75mmHgですが、40°Cになると181mmHgになります。また、水に溶けない有機化合物は、非常に湿度が高い条件では、水蒸気蒸留と同じ原理で、単独の場合より低い温度で気化します。

蒸気圧の非常に低い物質でも、微細なほこりに吸着された形で呼吸される場合もあるでしょう。また気化されなくても表面に滲み出してきたものが皮膚を通して人体にとり込まれる可能性も否定できないので、まったく心配がないというものではありません。

無臭合板

合板類は、接着剤としてホルムアルデヒド系の樹脂が使われているのが普通です。30坪ほどの住宅1軒で、在来工法で100枚、プレハブ工法ならば300枚ほど使われているといわれています。また押入れの中やフローリング材、ドアの台板や下地、家具類などにも使われているので、その発生源としての使用量、ホルムアルデヒドの蒸気圧の高さからみても第一番に対策を考えなければならない材料です。

合板のホルムアルデヒドについては、最初、合板の製造工程での職場環境に関する問題として1950年代から関心を持たれていましたが²⁾、70年代に消費者サイドから商品の安全性という視点からの指摘がなされ、1980年に普通合板の日本農林規格（JAS）にホルムアルデヒドの放散量についての規定が盛り込まれました。この規準をクリアーしたものを無臭合板と呼んでいます。この規格では、合板から5cm×15cmの小片10枚（合計75cm²）を切り取り、デシケータに入れて20°Cで24時間放置して、一緒に入れたシャーレの中の300ml

の蒸留水にホルムアルデヒドを吸収させて、その濃度を測ります。蒸留水が吸収したホルムアルデヒドの濃度によって合板は3等級に分けられます。F₁合板は0.7mg/l以下、F₂合板は7mg/l以下、F₃合板が12mg/lを保証することになっています。

実際に1枚の合板(90cm×180cm)を四畳半の部屋に取り付け、24時間後に室内のホルムアルデヒド濃度を測った実験があります。それによると、F₁合板は0.2ppb程度、F₂合板は0.4ppbでしたが、JASのない輸入合板は100ppbを越え、床用の合板も35ppbを示しました¹⁾。

筑波大学の富田氏は木材製品からのホルムアルデヒド低減の具体的方法を次のように整理しています³⁾。

表2 木質材料からのホルムアルデヒド放題の低減方法³⁾

対象	方 法	具 体 例	特徴と問題	効果
接着剤	製造モル比の低減	ユリアの2次添加合成	強度不足	中
	ジメチレンエーテル結合の低減	選択的メチロール化法	多段合成法	大
	遊離ホルムアルデヒドの低減	キヤッチャーアイ添加	硬度不足	小
	接着剤の中和	中和剤、中性硬化剤	硬化不良	小
被着剤	物理的処理	含水率の低減	処理が容易	大
	化学的前処理	キヤッチャーアイ含浸	処理が困難	大
後処理	エージング	高換気率、熱処理	処理が簡便	大
	化学的処理	アンモニア、SO ₂	処理が高価	大
	物理的処理	塗装、オーバーレイ	処理が高価	大
使用環境	換気、水分、温度	高換気、低温度、低温	簡便	大

このように合板類からのホルムアルデヒドを抑制する手段はいくつも考えられ、これらを組み合わせれば相当の効果が期待できます。いわゆる無臭合板と称する低ホルムアルデヒド合板は、メーカーごとにさまざまな工夫を凝らして生産されています。

ただし接着剤がユリア樹脂やメラミン樹脂である場合、これをゼロにすることは不可能です。つまり、遊離状態のホルムアルデヒドが完全になくなつたあとも、硬化した接着剤が緩やかに加水分解してホルムアルデヒドを放出するからです。加水分解は酸性、水分の存在下で進行し、温度が高いと促進されます。ユリア樹脂、メラミン樹脂は触媒として添加した酸性の化合物が硬化後も樹脂中に残留するので、この点は避けられ

ないとしても、合板の使用状態ができるだけ高温・多湿にならないように心がけるのもホルムアルデヒドの2次発生を抑制し、シックハウス症候群の予防につながることです。またこの高温・多湿という環境は物質の蒸気圧を高め、拡散を促進するという点からも注意すべきことです。

換気の理論

シックハウス症候群から身を守るためにには、身の回りから徹底的に化学物質を排除するという考え方もあります。しかし、それを行うには私達の生活はあまりにも、工業化社会のメカニズムの中に組み込まれてしまっています。すべての工業製品を捨てて、山奥で^{いんしん}隠遁生活をおくるというのは空論に近い話です。現実の生活を考えるならば、できるだけ有害物質の放出の少ない工業製品を選択するのは当然ですが、その一方、十分に配慮された換気設計によって、居住空間の空気を安全なものを持って行くことを考慮するべきです。

空間の気中物質の濃度と「換気」との関係はホルムアルデヒドを中心によく研究されており、HBF(ヘッジマー・バージ・藤井)式^{*2}とよばれる理論式が実際と大変良く合うことが証明されています。

*2 HBF式：表面積A(m²)の揮発物質含有ボード製品を容積V(m³)の室内に設置し、その空間を1時間あたりN回の率で換気する場合を考えると、揮発物質の室内気中濃度の変化の速さは、

$$\frac{dC(t)}{dt} = A \cdot ER(t) - N \cdot V \cdot C(t) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに

C(t)は時間とともに変化する気中濃度。

ER(t)は製品固有の揮発物質放出率(単位面積あたり)で、定常状態で製品が持っている揮発物質濃度C₀とこれに平衡する気中濃度C_{eq}(換気回数ゼロの時の気中濃度)と各時点での気中濃度C(t)との差に比例する。

$$ER(t) = K \cdot [C_{eq} - C(t)] \quad \dots \dots \dots (2)$$

Kは移動係数で、物質の拡散に関する物質と製品に固有の値で、粗いか平滑かといった表面の性状によって変わってきます。

いくつかの条件を設定して(1)の微分方程式を解くと、定常状態へのアプローチの課程では、

$$C(t) = [C_{eq}/\{1 + (1/K) \cdot (N/L)\}] [1 - \exp(-N \cdot K \cdot L \cdot t)] \dots \dots \dots (3)$$

定常状態に達してからは、

$$C_s = C_{eq}/\{1 + (1/K) \cdot (N/L)\} \dots \dots \dots (4)$$

が得られ、これをHBF式と呼んでおります。

HBF式は室内の物質の気中濃度を測定し、その逆数(1/Cs)をとり、換気速度（1時間あたり何回空気を入れ換えるか）とボードの設置率（室内空間1m³あたり何m²のボードを装着するか）の比(N/L)に対してプロットすれば、直線関係が得られ、グラフの切辺から換気ゼロの時の気中濃度、直線の傾きから、製品固有の放出係数が計算できます。もちろん室内の空気が十分に攪拌されており、どこで測っても同じ濃度を示すようになっていなければならぬし、すき間があつて対象の揮発物質が洩れ出すようなことがあってはならないわけです。

Myers⁴⁾、Lehmann⁵⁾、井上⁶⁾等多くの研究者が各種の合板、ファイバーボード、パーティクルボード、MDF（中密度ファイバーボード）、複合ボードなど広範なボード材料について（揮発性物質はホルムアルデヒド）調査、実験した結果、直線関係はほとんど疑いのないものと認められています。

この直線関係から求められる限界気中濃度Ceq（換気速度ゼロでの濃度）と、移動係数K（揮発物質の分子がボード表面から空気中に移動する速度=拡散係数）を何種類かのボードについて求めたものをMyers⁴⁾の研究から紹介します（表3）。

表3 低ホルムアルデヒドボードのHBF式（Myers⁴⁾）

ボード	Ceq (ppm)	K (m/hr.)
合板	0.073	0.46
ユリア ファイバーボード	0.24	1.47
ユリア パーティクルボード	0.15	1.61
ユリア パーティクルボード	0.15	1.17
ユリア 合板	0.20	0.67
ユリア 合板	0.08	1.20
ユリア 合板	0.023	2.43
アクリル塗装ユリアパーティクルボード	2.6	0.023
同上 無塗装	2.6	0.41
塗装ユリアパーティクルボード	0.82	0.011
同上 無塗装	0.82	0.36
フェノール パーティクルボード	0.28	0.082
ユリアパーティクルボード (F/U=1.3)	0.24	0.50

表3からうかがえることは、

- ① パーティクルボードは合板に比べてホルムアルデヒド気中濃度を高くする傾向がある。
- ② 塗装はホルムアルデヒドの放出を顕著に抑制する

効果がある。

- ③ フェノール樹脂パーティクルボードはユリア樹脂パーティクルボード同様、換気ゼロでは高い気中ホルムアルデヒド濃度を示すが、移動係数Kがはるかに小さいので、適切な換気条件下では気中濃度ははるかに少ない。
- ④ ユリア樹脂接着剤のホルムアルデヒド配合比率を下げる限界気中濃度は下がらないが、移動係数は小さくなる。

ただしこのHBF式は厳密には以下のようないくつかの制限条件のもとで始めて適用されるもので、現実にはこの式からはずれることもある。

- ① 空気に接している表面の直下の材料内部の揮発物質濃度が不变の期間だけに適用できる。
- ② 材料の厚さが十分に薄く、内部からの拡散が放出を支配しないこと。

したがって、材料の深部で吸着されている揮発物質や、加水分解などによって徐々に解離してくる物質があると、この式から偏ってくると考えられます。

デシケータ法から気中濃度を予測する

HBF式は換気回数とボードの設置率の比(N/L)によって、気中濃度を計算するので、換気の設計に利用できますが、JASのデシケータ法は、閉鎖容器内での水溶液濃度を与えるものなので、両者の関連性は薄いといえます。

ただしHBF式で得られる限界濃度Ceqは換気ゼロでの気中濃度に相当するので、デシケータ法と関連した値を与えるはずです。

デシケータ法で得られる水溶液濃度と静的にバランスしている気中濃度を計算してみると、ホルムアルデヒドと水の蒸気圧をそれぞれ3,284と17.5(mmHg)としてJASのF₁、F₂、F₃合板の限界値をデシケータ中の気中濃度で示せばそれぞれ、

$$\begin{aligned} F_1 &: 0.8 \text{ ppb} \\ F_2 &: 7.7 \text{ ppb} \\ F_3 &: 13.2 \text{ ppb} \end{aligned}$$

となりました。

ただしデシケータは容積10ℓ中に試料合板は表・裏2面で0.15m²なので設置率

$$L = A/V = 0.15/0.01 = 15 \text{ [m}^2/\text{m}^3\text{]}$$

で極めて高負荷の状態で測定されていることになります。ちなみに6畳間（容積=23.3m³）に3×6尺の合板1枚(1.62m²)を設置した状況は、設置率0.07(m²/m³)になります。

このようにデシケータ法で静的に求めた気中濃度は、例えば表3のように動態的に求めたものよりもはるかに小さく、居住空間に合わせて大容積(55.4m³)で行った動的な実験データ⁵⁾よりもはるかに小さな値になります。

つまりデシケータ法のように空気が静止した状態では、材料表面と対流空気の境界にできる境膜がバリアーとなって、材料内部のホルムアルデヒドが閉じ込められてしまい、本当に放出される量を正しく示さないことがわかります。

デシケータ法の値と気中濃度との関係について井上氏⁶⁾は、温度23°C、湿気45%、換気回数と設置率の比(N/L)を1とした場合、デシケータ値(D:mg/l)と気中濃度(C:ppm)との関係は、

$$C = 0.158 D + 0.017$$

の実験式で表されるとし、Myersもほぼ同一の実験式を提案していますが、換気の設計には、いずれにしても条件をしっかりとそろえた実験式によらざるを得ません。

揮発物質放出率

HBF式によって、換気の頻度と気中濃度との関係が分かりました。ただし、この式で任意の換気条件下での気中濃度を知るためには、サンプルごとに異なる移動係数Kと平衡気中濃度Ce_qの2つのパラメータが分かっていかなければなりません。

Lehmann⁵⁾は放出率ER_s(mg/m²-hr)を媒介変数として利用することによって、サンプルごとに換気条件N/Lと気中濃度Csとの関係を求める方法を提案しています。

放出率は(2)式で示したように、移動係数Kと駆動力(気中濃度の差)の積だから、

$$ER_s = (Ce_q - Cs) K$$

$$Cs = Ce_q - ER_s / K$$

となり、Cs-ER_sのグラフ上でサンプルごとにCe_qが異なる、同じ勾配(=-1/K)の直線群として与えられます。一方、

$$Cs = ER_s / (N/L)$$

の関係から、同じグラフ上で換気条件ごとに勾配1/(N/L)の異なる直線群も示されます。

Lehmann⁴⁾は容積55.4m³の大型試験チャンバーを使って、換気条件N/Lと気中濃度Csとの関係を17種のボード類について逐一求めて、その結果を図1のよ



最近の建売住宅も健康や安全へ配慮（イワクラホーム）

リビング・各部屋は「低ホルムアルデヒド」の木質フロアや、「ノンホルムアルデヒド」の壁・天井仕上げのクロス接着剤を使用、また「計画換気」設備もついています。

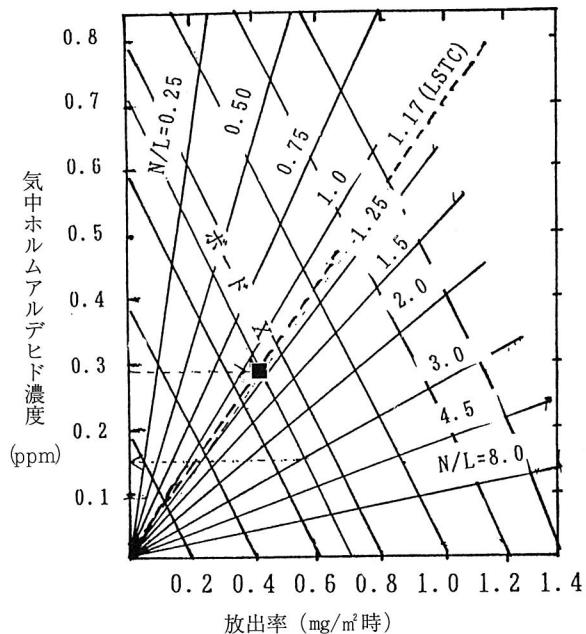


図1 標準条件での気中濃度が測定されている場合、換気条件ごとの気中濃度を推定するグラフ [Lehmann⁵⁾]

うなグラフにまとめています。

あるボードXを大型試験チャンバーで換気条件を $N/L=1.17$ でホルムアルデヒド気中濃度を測ったところ、0.29ppmだったとします。このボードの換気条件 $N/L=3.0$ の時の気中濃度を求めます。

縦軸上の0.29ppmを水平に右側にたどり、 $N/L=1.17$ (LSTC)の破線上で決まる点を通る、他の直線群と平行な右下がりの直線を決定します。この右下がりの直線によって、ボードXのホルムアルデヒド放出特性が決定されます。

この直線上をたどり、任意の換気条件、例えば $N/L=3.0$ の右上がりの直線との交点を求めます。この交点の縦座標が、ボードXの $N/L=3.0$ の条件でのホルムアルデヒド気中濃度ということになります。

このグラフを利用するにあたって、サンプルのボードごとに、標準条件を定めて（上例の場合 $N/L=1.17$ ）気中濃度を測定しておかなければなりません。

Lehmannはこの標準線を決定するのにあたって、14畳間に匹敵する 55.4m^3 という大型の試験チャンバーを使い、合板寸法にして5枚から58枚という、非常に実際に即した実験でホルムアルデヒド気中濃度を測っていますが、JASのデシケータ法でえられた、放出特性値が現実の室内気中濃度の計算にどのように利用できるかは今後の研究を待たなければなりません。

換気の実際

図1からも、基本のHBF式からも分かるように、換気効率 N/L を十分に高くできれば室内の揮発物質気中濃度は十分に安全レベルを持って行くことが可能です。

それでは、「十分に高い換気効率」とは難しいことなのでしょうか。

居住空間の換気には普通20~30Wの家庭用換気扇、または最近では10~50Wの除湿機や空気清浄機が利用されています。これらの換気能力は風量として $\text{m}^3/\text{時}$ で表示されています。これを毎時換気回数（N）として6畳、8畳、12畳間にあてはめたのが図2です。

これらの換気器具の中から、消費電力30Wのものを選び、壁、天井、床を含めた室内全表面がホルムアルデヒド発生源とした場合の装荷率（全面表面積／部屋の容積）Lと換気効率 N/L を計算してみました（表4）。

この結果でみると30Wの換気扇の換気効率は非常に高く、図1のグラフから類推しても、WHOの規準0.08ppmは決して難しい事ではないということがわかります。

ただし、30Wの換気扇を常時回し放しという状況は、発生する音の大きさから考えても好ましいものではありません。除湿器や空気清浄機程度でこなしたいものですが、その場合はホルムアルデヒド発生建材を床だけに限るか、全建材のホルムアルデヒド発生を抑

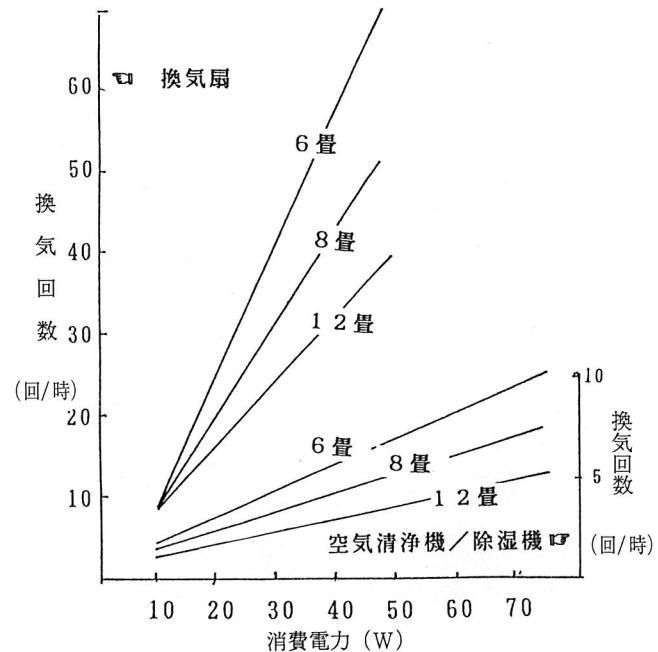


図2 家庭用換気器具の換気能力

表4 30Wの換気器具で得られる換気効率

部屋の容積 V (m ³)	全面表面積 S (m ²)	装荷率 L (m ² /m ³)	換気回数 N (1/時)	換気効率 N/L
6畳	23.3	49.6	2.13 (5.4)	43 (2.53)
8畳	31.3	60.6	1.94 (3.4)	33 (1.75)
12畳	38.9	71.2	1.83 (2.3)	25 (1.25)

注1：部屋の全内面がホルムアルデヒド発生源とした。

注2：括弧なしは家庭用換気扇、括弧つきは空気洗浄機または除湿器

えて、テストチャンバーでの限界濃度を0.15ppm程度にしなければなりません。この限界濃度はMyersのデータ（表3）が示すように決して実現困難ではありません。

以上の考察は換気扇や空気洗浄機がカタログどおりの換気性能を発揮した場合にあてはめられるのですが、現実には家屋の構造や部屋の配置、家具類の配置状況、換気器具の配置と空気の設計等によって、その状況は大きく変化するはずです。また過剰な換気はエネルギーの損失にもつながります。「快適な暮らし」には最も適切な換気モードがあるはずです。「安全なすまい」のためにには、こういった側面からのアプローチも忘れてはならないと思います。

高温と湿気

今までの論議は「換気」を中心として進めてきましたが、冒頭の部分で触れたように、揮発性物質の蒸気圧は温度と湿度に強く影響されます。揮発性物質の気中濃度をできるだけ下げて、シックハウス症候群の発生を予防するためには、「室温を過度に上げないこと」、「湿度を過剰にしないこと」も重要な要素になります。

井上氏⁶⁾はデシケータ法によるホルムアルデヒド溶液濃度を気中濃度に換算する式の中に温度と湿度の項を加えています。

C : 気中濃度(ppm) S : 材料表面積(m²)
 D : デシケータ値(mg/ℓ) t : 温度(℃)
 Q : 換気量(m³/時) h : 相対湿度(%)

として、

ウッディエイジ 1997年11月号

この式から、温度と湿度の影響の大きさをみるために全微分 $| dC/C |$ を求めてみます。

$$\begin{aligned} dC/C &= [\{\partial C/\partial(Q/S)\}d(Q/S) + (\partial C/\partial t)dt \\ &\quad + (\partial C/\partial h)dh] / C \\ &= -[(1+Q/S)/\{1+(Q/S)^2\}]d(Q/S) \\ &\quad + \log 1.09 dt + \{1/(55+h)\}dh \end{aligned}$$

となり、例えば換気条件 $Q/S=10$ 、湿度 $h=60\%$ 、温度任意の条件では、

$$dC/C = -0.109d(Q/S) + 0.37dt + 0.009dh$$

となり、換気条件、温度、湿度のそれぞれが同じだけ（例えば1%ずつ）変化した場合、温度の変化は湿度の変化の4倍の影響を与えることになります。湿度が高くなればなるほど、温度の相対的効果は高くなります。温度の効果は換気条件の効果を上回り、換気条件を4%改善するよりも、温度を1%低くする方が効果的ということになります。

善玉VOC

揮発性有機化合物のある種のものは、人々の健康や精神状態に好ましい効果をもたらせることがよく知られており、森林浴やアロマテラピーとして積極的に利用されています。

森の中に分け入ると、^{ふくいく}馥郁とした香りに包まれ、快い気持ちに浸ることができます。この香りはテルペン系の物質を中心とした一種の揮発性有機化合物の群れです。

これらのテルペンは植物の花や葉、あるいは枝や幹から得られる精油の中にたくさん含まれていて、皮膚刺激剤、消炎剤、緩下剤、消毒薬などに利用され、昔から、気管支、尿路感染症の薬として広く使われてきました。テレピン油は刺激剤、マツバ油やユーカリ油は去痰剤、^{たん}ブナ油は利尿剤、クロモジ油は水虫薬としてよく知られています。

森林の空気中にはこのテルペン類（おもにモノテルペン）が1億分の1から10億分の1程度含まれており、微生物には殺菌作用を働き、人々の健康にはプラスの効果を与えるというのが、森林浴の効用を説明するフィ

トンチップド説です。

個々の精油やテルペン類について、その働きや薬理効果も次第に明らかになってきております。

心理学的試験では、ヒノキ科の精油が自然感を与え、柑橘類の精油は「さわやか」感を与えることが示されます。ヒノキの香りは4-テルピネオール、ボルネオール、などのモノテルペンの香りとセドロールやカジノールなどのセスキテルペン類の複合的な香りと考えられております。

また生理的な応答を調べますと、タイワンヒノキの精油とオレンジの精油は血圧を低下させる効果があり、オイゲノールは脈拍数を増加させます。タイワンヒノキの精油は、脳波の分析から気分の集中に効果があることを示します。こういった研究の結果は、たとえばリハビリテーションを必要とするときに、居住区に木材を多く利用すると効果的であるということを示しています。

モノテルペンの α -ピネンは交感神経系の興奮を抑え、副交感神経系の働きを強めて気持ちを安らかにするので、 α -ピネンの雰囲気の中での睡眠は疲労の軽減に効果があります。

ヒバ油の中に含まれるヒノキチオールはとくに抗菌活性が強いことが知られています。ヒバ油は細菌、真菌、担子菌にわたって発育阻害効果があるということが知られており、またヒバ油は昆蟲に対しても忌避作用を持ち、とくにシロアリやゴキブリに対して殺虫剤として働きます。ヒノキチオールは急性毒性も低く、また突然変異作用もほとんどないことが確かめられております。

このように揮発性有機化合物の仲間には、人々の健康に積極的に働く「善玉VOC」とでも呼ぶべきグループがあり、これらのグループを「悪玉VOC」に替えて利用する技術の研究開発も今後求められてくるでしょう。

おわりに

木材は人間の生理と心理に最も良くフィットした健康材料です。これを検証する研究や著作¹⁰⁾もたくさん発表されています。また地球環境のことを考えても、持続性を考慮した森林経営から供給される木材を理的に利用して行くことが求められます。

この時機に、最近の住宅に発生する、有害な揮発性化学物質の問題が指摘され始めました。この有害揮発

性化学物質の発生源で大きな比重を占めているのが木材工業製品です。

短絡的に考えるならば、私たちの生活から木材工業製品をすべて排除してしまおうということになり、それを主張する説もまかり通っています。しかし、それでは人類が本質的に求めている「木と共に暮らすやすらぎ」を人々から取り上げてしまうか、一部の人々のみに許される特権をしてしまうことになるでしょう。

私たちは、これからもっともっと知恵を働かせて、木材工業製品を上手に利用したり、新しい技術によって、木材工業製品を安心して利用できるようにしてゆくべきだと思います。

参考文献

- 1) 暮らしの手帖 67:住まいから出る有害ガス, 4.5月号, 5~17(1997)
- 2) 堀内 寛: 合板工場に発生するフォルマリンガスの人体に及ぼす影響について, 指導所月報No.78(7月号), 11~17(1958)
- 3) 富田文一郎: ユリア系樹脂のホルムアルデヒド放散の機構と対策を見直す, 木材工業, 52(1) 2~8(1997)
- 4) G. E. Myers: Effect of ventilation rate and board loading on formaldehyde concentration:a critical review of the literature, Forest Prod. J., 34(10), 59~68(1984)
- 5) W.F.Lehmann:Effect of ventilation and loading rates in large chamber testing of formaldehyde emissions from composite panels, Forest Prod. J., 37(4), 31~37(1989)
- 6) 井上明正: ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン対策, 木材工業, 52(1), 9~14(1997)
- 7) 笹谷宣志: 木材抽出成分(1)ー古くて新しい天然資源ー, ウッディエイジ 45(6) 3A~9A(1996)
- 8) 加藤道生: ドイツの自然塗料・天然接着剤の現況, ウッディエイジ 45(11) 1A~4A(1996)
- 9) 神山恵三: 森の不思議, 岩波新書 242, 岩波書店(1993)
- 10) 金堀一郎: 長寿健康住宅, 日本住宅新聞社(1997)

(北海道技術アドバイザー・当協会専務理事)