

シックハウス問題について考える

池田 耕一

On the "Sick House Syndrome"

Koichi IKEDA

本稿では、現在学会等での発表と言う形で公表されている化学汚染に関する汚染の現状と防止対策の有効性などについて述べる。

1. シックハウスとは何か

健康住宅、シックハウス症候群と呼ばれる問題が、いつ頃からどこで、言われるようになったかは正確には分からないが、筆者は少なくとも「私が『シックハウス』の名付け親である」と言っている人を2人は知っている。いずれにせよ、「シックハウス」とか「シックハウス症候群」という言葉は、盛んに使われるようになったのはホルムアルデヒドに関する当時の厚生省によりガイドライン値が設定されるようになってからである。シックハウスとは、「病んだ家」のことで、どのように病んでいるかと言えば、建材、家具等から発生するホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（以下VOC）によって室内が汚染されていると言う意味で「病んでいる」家のことである。そしてそのような家の中にいる居住者に、目や喉の痛み、頭痛、倦怠感、いらいらなどの不定愁訴が起こる場合もあり、それを「シックハウス症候群」と呼んでいる。

この言葉は、1980年代の欧米で大きな社会問題となったシックビル症候群（SBS）をもじった和製英語である。それは、通常日本語で「ビル」と言うのと「住宅」は範疇に入らないため、住宅におけるSBSであることをわかるようにしたためと思われる。従って、欧米人に「sick house syndrome」と言っても、直ちには通じない。しかしながら「sick」も「house」も一般によく使われる英単語であるため英語で「sick house」と表現することがないとは言えない。しかし、我々が、イメージするような意味になるかどうかはわからない。我々が、イメージするような意味でのシックハウス問題をどのように表現するかをカナダ国立科学研究所（NRC）のC. Y. Shaw博士によれば、北米の工学関係者の間ではsickとかhealthyのような医学と関連が深い言葉を、住居のような物に対して使用することはできるだけ避け、「problem house」とか「non-problem house」のように呼ぶことにし

ているそうである。

また、しばしばこの「シックハウス症候群の同義語」と誤解される言葉に「化学物質過敏症」などと呼ばれる言葉がある。これは、一旦高濃度のある種の化学物質に「感作」され、その様な体質となり、様々な症状（普通の人がかシックハウス症候群にかかったときと同じ、もしくはもっと激しい症状）を示すようになった人が、その後同じもしくは類似の化学物質に曝される度に、その濃度が、一般の人が反応するよりかなり低い値であっても、同じ症状が繰り返され、その症状が次第にひどくなる病気のことである。この病気は、シックハウスによってももたらされるが、それ以外に看護婦や、化学製品の製造業等の職業的に高濃度の化学物質に曝される人にも見られるので、必ずしも「化学物質過敏症」＝「シックハウス症候群」とは言えるものではないので混同してはならない。

2. 建材、家具等から発生する化学物質の概要

①ホルムアルデヒド

この化学物質は、ベニヤ板、パーティクルボードなどに使用されている接着剤の原料としてよく用いられているため、それらの建材、家具等から発生する。また通常は壁装材などからはホルムアルデヒドが直接大量に発生するとは考えにくいだが、それらを壁などに接着する際使われる接着剤にはその原料としてホルムアルデヒドが使われていることがある。また、でんぷん糊のようにホルムアルデヒドを直接の原料としていないタイプでも、防腐剤として含まれている場合があり、それらのタイプの接着剤を使用した場合には相当程度ホルムアルデヒドが発出する可能性がある。建材仕上げ材以外にも喫煙や石油やガスの開放型器具からも発生する。

ホルムアルデヒドは、0.08ppm程度になると目、喉等の人の粘膜を刺激し、人に不快感を与えることが知られており、前述の通り厚生労働省のガイドラインにより住宅室内では、0.08ppm以下となるように規定されている¹⁾。またホルムアルデヒドは、発ガン性がある可能性が高いことも知られておりIARC（国際ガン研究機構）²⁾、日本産業衛生学会³⁾、ACGIH（米国産業衛生専門家会議）⁴⁾、EPA（米国環境保護庁）⁵⁾などにおいても、「人間に対し発ガン性のある可能

性の高い物質とされている。また環境庁の234の有害大気汚染物質リスト⁶⁾の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。更に1996年に、建設省が厚生省、通商産業省、林野庁及び民間各団体等に呼びかけて発足した「健康住宅研究会」の優先取り組み物質の3物質（ホルムアルデヒドの他、後述のトルエントキシレン）、3薬剤（可塑剤、防蟻剤、木材保存剤）の1つにも挙げられている。また、壁装材料協会は、表1に示すような自主基準⁷⁾を作っており、その中にホルムアルデヒドも対象の化学物質の1つとして含まれている。

必要に応じて適当な参考資料⁹⁾を参照し、選択しようとしている壁装材などがこのような基準に適合しているかどうかを知っていることも、対策を考える上に必要となるものと思われる。

②塩化ビニル

この化学物質は、ビニルクロス等の壁装材に用いられている。急性の毒性は比較的少なく、12%程度の高濃度にならないと明確な毒性は現れないが500ppmが臭いを感じる閾値であると言う⁸⁾。しかしながら前述のIARC²⁾、日本産業衛生学会³⁾、ACGIH⁴⁾、EPA⁵⁾などにおいて、先のホルムアルデヒドより1段上の「人間に対して発ガン性のある物質」とされている。ホルムアルデヒドのような室内のガイドラインは示されていないが、産業衛生学会の勧告値は、2.5ppmとなっている³⁾。また、環境庁の234の有害大気汚染物質リスト⁶⁾の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。

③フタル酸エステル（類）

この化学物質は、1種類の化学物質ではなく、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジオクチル、燐酸-o-クレジル等一群の有機化合物の総称である⁸⁾。

フタル酸エステルは、壁装材料の可塑剤の原料として用いられる。経皮吸収性があり中枢神経に影響を与えるなどとされる⁸⁾が、いわゆる、「環境ホルモン」と作用を疑われている物質でもある。また、ある程度以上の高濃度になると、目、皮膚、軌道との粘膜を刺激することが知られている。なお発ガン性があるとはされていない。

ACGIHの許容濃度の勧告値（時間加重平均値）⁴⁾は、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジオキシルが5mg/m³、燐酸-o-クレジルは0.1mg/m³、燐酸トリフェニルは3mg/m³となっている。なおフタル酸ジオキシルには、10mg/m³短時間曝露限界も示されている。

④ベンゼン

ベンゼンは、最も広く利用されている化学工業製品の1つであり、建材や壁装材料関連では可塑剤の合成材料の1つとなる他、接着剤の原料ともなる。

広く使われる工業製品であるだけに、その生体影響も比較的良く調べられており、動物実験例を示せば表²⁸⁾の通りである。人体影響に関しては、3,000~5,000ppmの濃度で、目眩、頭痛、嘔吐、心臓狭窄等の急性中毒が現れ、その後数カ月後からは、痲癩発作、健忘症、精神的遅鈍になる例も

ある⁸⁾と言う。また、ベンゼンには発ガン性があるとされ、IARC²⁾、日本産業衛生学会³⁾、ACGIH⁴⁾、EPA⁵⁾などにおいて、「人間に対して発ガン性のある物質」から「発ガンの可能性のある物質」にランクされている。

ベンゼンについては、室内のガイドラインは示されていないが、ACGIHと産業衛生学会の勧告値はいずれも10ppmとなっている。また環境庁の234の有害大気汚染物質リスト⁶⁾の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。

⑤トルエン

トルエンは、ベンゼン環の内の1つの-Hがアルキル基（-CH₃）に変わったもので、色は無色で、ベンゼン様の芳香を持つ。建材材料関係では壁装材の可塑剤や合成繊維などの合成原料の1つとなる。

トルエンは、ベンゼンより皮膚や粘膜への刺激が強く、蒸気吸入による中枢神経への作用もベンゼンより強いと言われる⁸⁾。100~200ppmの蒸気を8時間吸入すると疲労、嘔吐、鈍感覚、運動不随、無気力、嗜眠等の症状を呈し、600ppmの濃度になると短時間の曝露で激しい興奮、強い疲労、嘔吐、頭痛が起きるとされている⁸⁾。

トルエンについては、厚生労働省より、人の神経行動機能及び自然流産率への影響を考慮した室内ガイドライン値260 μg/m³（0.070ppm）が示されている¹⁰⁾。また、ACGIH⁴⁾と産業衛生学会³⁾の勧告値は、それぞれ100ppmと50ppmとなっている。環境庁の234の有害大気汚染物質リスト⁶⁾の中の22の優先取り組み物質1つにも挙げられている。また前述のように健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

⑥キシレン

キシレンはベンゼン環の2つの-Hが2つアルキル基（-CH₃）に変わったもので、その位置により、o-, m-, p-の3つの異性体がある。キシレンは建材関係では壁装材の可塑剤や防腐剤などの合成原料の1つとなる。

キシレンの蒸気を吸入すると顔面紅潮等の熱感を覚え、また中枢神経に影響を及ぼし、疲労感、目眩、のぼせ、酩酊状態等になるとされている。200ppm程度から目、喉、鼻などを刺激し始め、1,000ppmを越えるほどの高濃度になると出血性肺水腫を起こし、場合によっては死に至ることもある⁸⁾と言う。

キシレンについては厚生労働省よりラットにおける中枢神経への影響を考慮した室内のガイドライン値870 μg/m³（0.20ppm）が示されている¹⁰⁾。また、ACGIH⁴⁾と産業衛生学会³⁾の勧告値は、いずれも100ppmとなっている。また、前述の健康住宅研究会の優先取り組み物質の3物質、3薬剤の1つにも挙げられている。

⑦パラジクロロベンゼン

パラジクロロベンゼンは、建材中に含まれることは殆どないが、防虫剤の原料の1つとして用いられる。15~30ppmで臭気を感じられるようになり、80~160ppmで多くのヒト

が、目や鼻に痛みを感じるという⁸⁾。マウスやラットを用いた動物実験では発ガン性があることが知られている他、ビーグル犬を用いた肝臓や腎臓への健康影響がることが分かっており、このことを踏まえ、現在検討中の厚生労働省のガイドライン値は、ビーグル犬における肝臓や腎臓への影響を考慮した $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm) である。

⑧エチルベンゼン

エチルベンゼンは、無色で独特の芳香を持つ常温では液体の化学物質¹¹⁾で、スチレン単量体の中間原料溶剤、希釈剤などに使われる。においては、10ppm程度から感じられはじめ、数1,000ppmと言うような高濃度になると目眩や意識低下などの中枢神経系に影響が現れると言われている¹²⁾。また、発ガン性、変異原性、中枢神経毒性、刺激性などを有する¹²⁾。厚生労働省は、マウスやラットに対する吸入毒性試験における無毒性値 (NOAEL) に基づき、 $3.8\text{mg}/\text{m}^3$ をガイドライン値としている¹²⁾。

⑨スチレン

スチレンは、スチレンモノマーの別名で、ポリスチレン樹脂、合成ゴム、不飽和ポリエステル樹脂などの原料として用いられる常温では油状の無色ないしは黄色の液体状の化学物質である。急性影響としては、目喉、軌道などに対する刺激性を示し、反復曝露により皮膚炎を起こすことがあるとされている。発ガン性に関しては、IARC²⁾、日本産業衛生学会³⁾ ACGIH⁴⁾、EPA⁵⁾ などにおいて、「人間に対して発ガン性のある物質」から「発ガンの可能性のある物質」にランクされている。一方、催奇形性はないとするものとあるとするもの、両方がみられる¹¹⁾。厚生労働省のガイドライン値は、ラットにおける最小毒性量 (LOAEL) に基づき、 $0.225\text{mg}/\text{m}^3$ とされている¹²⁾。

⑩クロルピリホス

クロルピリホスは、殺虫剤に使われる化学物質で、発ガン性、変異原性などに関するデータは報告されていないものの、動物実験による遺伝子毒性が報告されているほか、急性毒性として、下痢等の影響がある他、仔ラットの神経発達や新生児の脳の形態学的変化を起こさせることがあるとされている¹¹⁾。厚生労働省は、仔ラットの神経発達や新生児の脳の形態学的変化に基づいて $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ をガイドライン値¹²⁾としているが、子供への影響が強いことを考慮して、小児の場合はそれより一桁低い値 $0.0001\text{mg}/\text{m}^3$ をガイドライン値としている。

⑪ブタル酸ジ n-ブチル

この化学物質は、塩化ビニールの添加剤や可塑剤、顔料などとして使われる¹¹⁾。急性影響としては、マウスによる実験で、運動失調、局所の麻痺、痙攣、昏睡などが認められたほか、慢性毒性としては、催奇形性、生態毒性などが報告されている¹¹⁾。厚生労働省は、生殖器の異常形態を示さない LOAEL に基づき、 $0.22\text{mg}/\text{m}^3$ をガイドライン値¹²⁾ としてい

る。

⑫テトラデカン

テトラデカンは、飽和炭化水素系列の化学物質であり、厚生労働省により2001年7月にガイドライン値が設定された²⁰⁾。この物質に関しては、今までのところ発がん物質であることを明確に示す情報は、これまでに得られていない。一方、皮膚に対する刺激性が強いことが知られている。また、ラットを用いた90日間の経口投与試験を行ったところ、雌雄で肝臓 (肝細胞肥大) 及び腎臓の病理組織学的影響が認められた。これらの結果に基づき、厚生労働省は、テトラデカンの室内濃度に関する指針値を $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.041ppm) と設定している。

⑬フタル酸ジ-2-エチルヘキシル

フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、ビニールシートの製造に使われる化学物質であり、動物を用いた経口投与による実験により下痢や肝腫瘍を発生させることが認められており、体重増加抑制、摂餌量低下、アルブミン及び血中尿素窒素の上昇、グロブリンの低下が認められている²⁰⁾。また、肝細胞肥大、腎尿細管色素沈着、進行性慢性腎症、膵臓の増殖性病変 (過形成及びアデノーマ) の増加、精巣の間細胞腫の減少、下垂体の去勢細胞の増加、精巣の無精子症の増加が認められている。ヒトにおいては、志願者による経口投与実験で10,000mgで軽度の胃腸障害及び下痢が認められている²⁰⁾。

以上により、厚生労働省は、この物質の室内濃度に関する指針値は、ラットにおける精巣の病理組織学的変化に関する評価に基づき、 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb) と設定することが適当としている²⁰⁾。

⑭ダイアジノン

ダイアジノンは、特徴のある臭気を発する無色の油状の液体である。その健康影響に関しては、ラットにおける血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性阻害に関する評価によると、比較的大量を動物に経口投与することによって、自発運動低下、鎮静作用、呼吸困難、運動失調、振戦、筋痙攣、全身痙攣、流涙、流涎、下痢など、副交感神経系の興奮作用に基づく、典型的な有機リン中毒症状が発現するとされる。

これらに基づき、厚生労働省は、ダイアジノンの室内濃度に関する指針値は $0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb) と設定することが適当としている²⁰⁾。

⑮ノナナール

この物質についての知見は多くないが、生体がノナナールに曝露された場合、ウサギを用いた動物実験の結果として、血液中の血小板における生化学反応に、変調を起こし得ることが示唆されている。また、ウサギの皮膚に対して強い刺激性を有し、ヒトの女性でも、1例のアレルギー性接触皮膚炎を悪化させたとの報告がある²⁰⁾。さらに、ノナナールを含

むアルデヒド混合物について、ラットを用いた12週間の経口投与試験を実施した結果、NOAEL（無毒性量）は12.4mg/kg/dayと推定されている。以上に基づき、厚生労働省はノナールの室内濃度に関する指針値（情報が乏しいことから暫定値）は $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （7.0ppb）と設定することが妥当としている。

⑩TVOC（総揮発性有機化合物）

以上述べてきた化学物質を含み、室内環境中には数百種類にのぼる揮発性有機化合物があるが、それら全てについて個別のガイドラインを作り、環境監視をすることは事実上不可能である。しかしながら、だからといって、上記物質以外の物質のガイドライン値を設定しないままにしておくこととガイドライン値の設定された物質のみの濃度は下がるが、規制のない物質の濃度が逆に上がるという現象が起きる。例えば、日本においては、ホルムアルデヒドのガイドライン値ができたことによりその室内濃度は大幅に下がったが、それと似た性質を持つにも係わらず、ガイドライン値の設定されていない化学物質、アセトアルデヒドの濃度が高まっている。その様な弊害をなくすためには、個々の物質だけでなく、化学物質全体として、枠を設定する必要がある。その様な考え方でとられるのが、TVOCの規制である。しかしながら、個々の化学物質だけでもガイドライン値を設定するのが困難であるのにそれらをまとめたTVOCに関する根拠を確立することは容易ではない。特にその根拠として医学的（特に疫学的）に問題のない根拠の確立を待っていたのでは、TVOCのガイドラインなどは永久にできないと言っても過言ではない。そこで、日本の厚生労働省は、必ずしも医学的根拠に基づくとは言えないが、厚生省が実施した居住状態にある住宅での実態調査結果を元として合理的に達成可能なレベルとして判断されたものと言うことで、室内空気質のTVOC暫定目標値を $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とした¹³⁾。

3. 化学物質の室内濃度構成

室内には、タバコ煙、調理用のコンロやオープン、事務機械、ある種のパーティクルボード、セメントボード、その他の建材、仕上げ材からの汚染ガス等、室内空気質を決定する重要な発生源が数多く存在する。これらの発生による室内濃度 K は、以下の微分方程式で表される。

$$V \cdot dK = W \cdot dt \cdot Q \cdot (K - K_0) dt \quad (1)$$

ここで V : 室の容積 (m^3)
 W : 汚染質の発生強度 (m^3/h)
 t : 時間 (h)
 K_0 : 屋外濃度
 Q : 換気量 (m^3/h)

これを $t=0$ のとき $K=K_1$ の初期条件の下に解くと

$$K = K_0 + (K_1 - K_0)e^{-Nt} + (W/NV) \cdot (1 - e^{-Nt}) \quad (2)$$

ここで N : 換気回数 (Q/V , 回/h)

この式において、 $t=\infty$ においては

$$K = K_0 + W/NV$$

となる。濃度 K と時刻 t の関係を図1に示した。

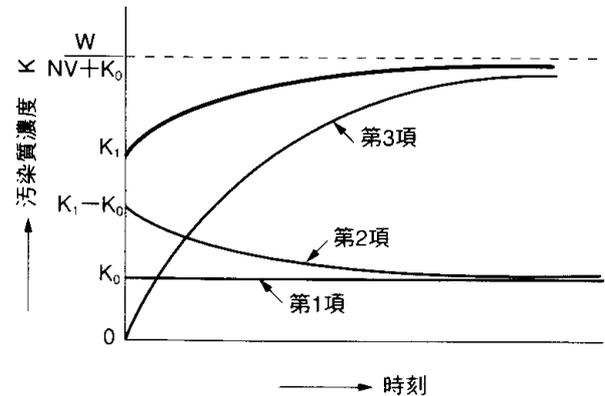


図1 濃度の経時変動パターン

また、(2)式は

$$K - K_0 = (K_1 - K_0)e^{-Nt} + (W/NV) \cdot (1 - e^{-Nt}) \quad (2)$$

とも書き表せるが、これは、室内の濃度から外気のバックグラウンド分を差し引いた室内濃度の増加分を表す式となっている。よってこの場合も、 $t=\infty$ においては

$$K - K_0 = W/NV (=W/Q)$$

この様に、室内濃度（あるいは濃度の増加分）は、室内の発生量と換気量の比となるため、室内の濃度を下げるためには、換気量を増やすか発生量を減らすかあるいはその両方かと言うことになるが、わが国においては、省エネルギーの観点から換気量は減る傾向にあり、勢い発生量の削減即ち化学物質を剩り発生させない対策が脚光を浴びており建材からの発生量を測るための努力がなされている。

4. 室内化学物質濃度の実態

4-1 ホルムアルデヒドの場合

①居住状態での濃度

図2(1)に戸建て住宅室内での測定例（新築住宅の場合）¹⁴⁾を示す。建設後3ヶ月以内の住宅では、厚生省のガイドライン値の2倍を越えるものも見られる。

一方、図2-(2)¹⁴⁾に示すとおり建設後6ヶ月以上経った住宅の場合は、厚生労働省のガイドライン値を越えるケースはみられなくなっている。

同様のことは、集合住宅の場合にも言え、建って数カ月以内の住宅（図3(1)~(2)）においてはガイドライン値を2倍程度越すケースがみられるが、半年以上建った住宅ではその様な高い値は見られない¹⁵⁾。

②気温、湿度とホルムアルデヒド濃度の関係

図4(1)に気温とホルムアルデヒドの関係を調べた実測の結果¹⁶⁾を示す。また、図4(2)には絶対湿度とホルムアルデヒド濃度の関係を調べた実測の結果¹⁶⁾を示す。いずれも温度湿度の上昇に伴って濃度が上昇する傾向がみられる。これは、温度や湿度が高まると建材等からのホルムアルデヒドの発生量が増えるからである。

4-2 VOCの場合

①居住状態での濃度

図5(1)に、新築してから3ヶ月以内の戸建て住宅室内の

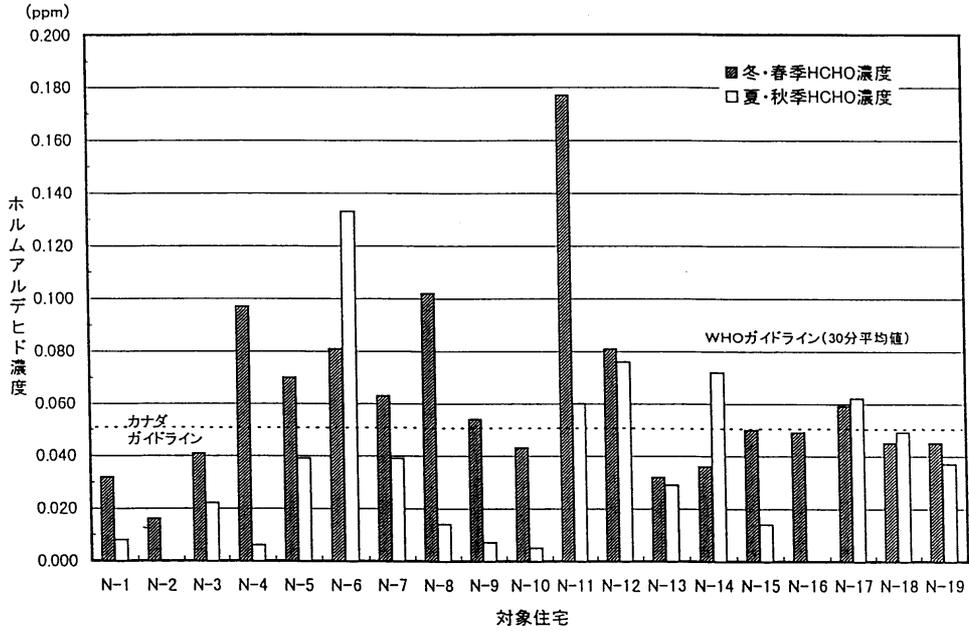
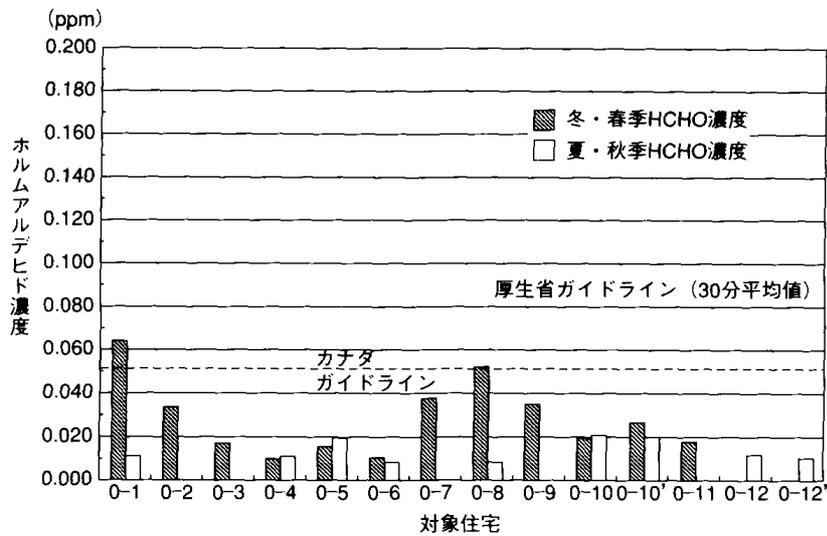
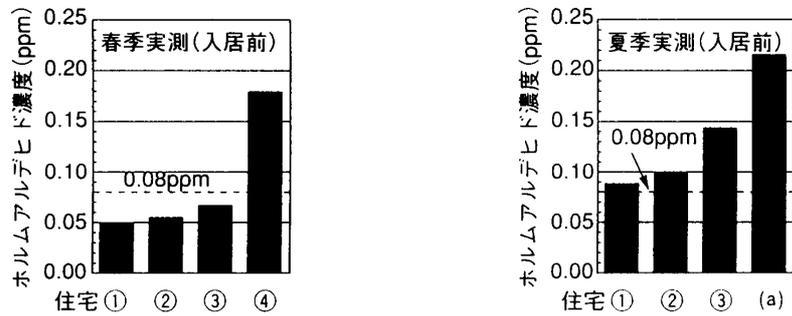


図 2 (1) 戸建て住宅室内での測定例 (新築住宅の場合) ¹⁴⁾



(2)古い住宅の場合 (築後6ヶ月以上)

図 2 (2) 戸建て住宅室内での測定例 (建設後6ヶ月以上の場合) ¹⁴⁾



(1) 入居前

図 3 (1) 集合住宅室内での測定例 (入居前の場合) ¹⁵⁾

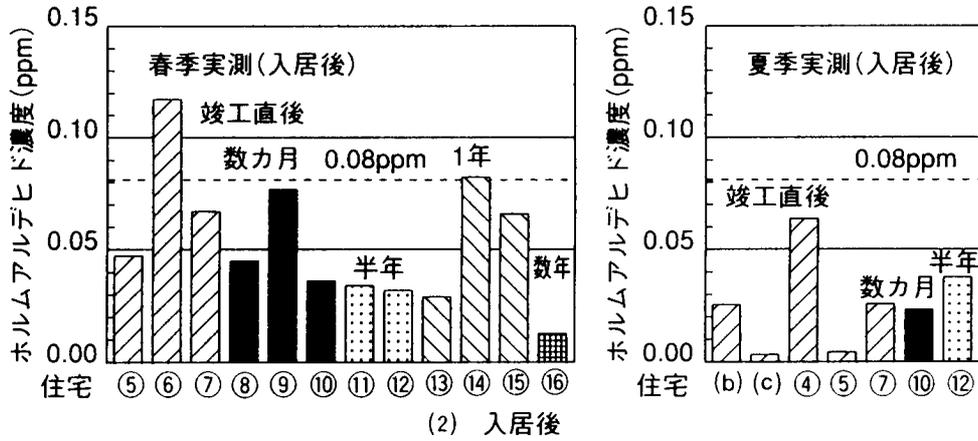


図3(2) 集合住宅室内での測定例 (入居後の場合)¹⁵⁾

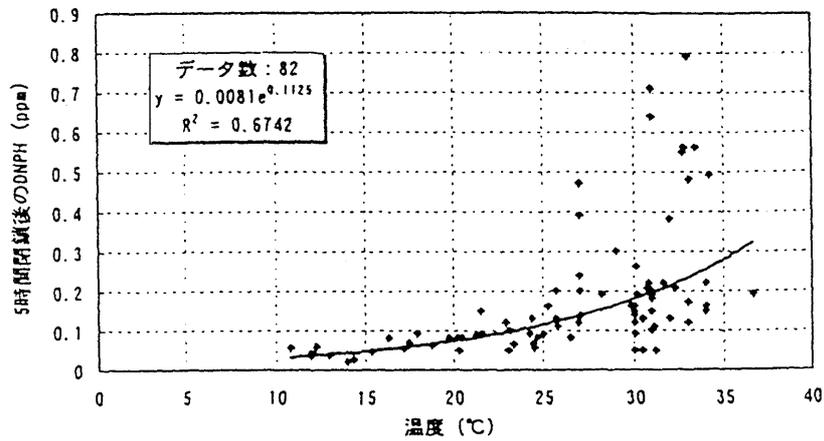


図4(1) 住宅室内の温度とホルムアルデヒド濃度の関係¹⁶⁾

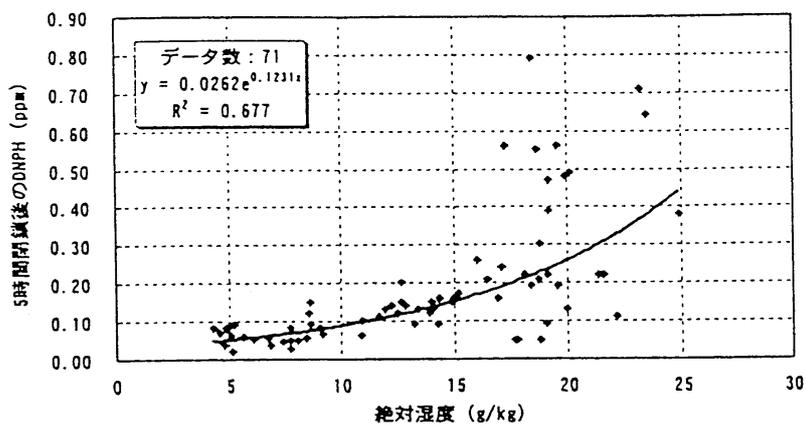


図4(2) 住宅室内の絶対湿度とホルムアルデヒド濃度の関係¹⁶⁾

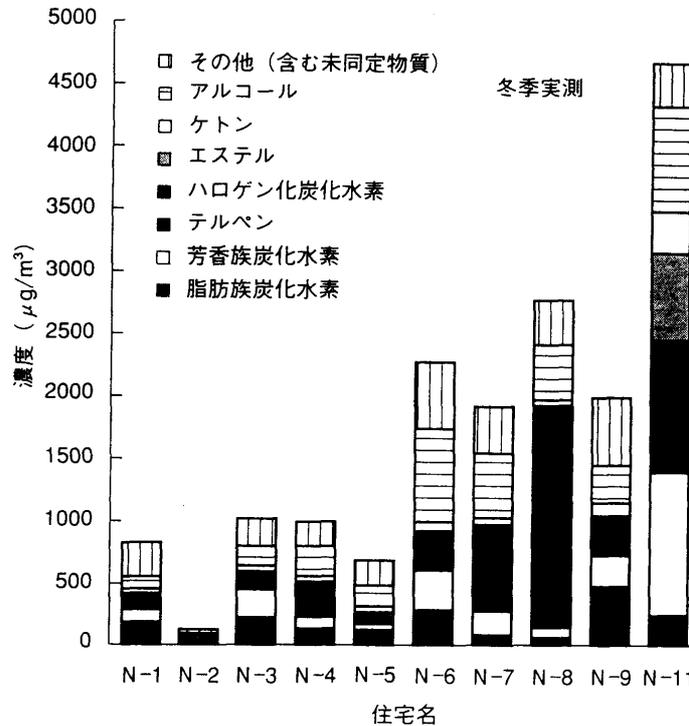


図5(1) 新築3ヶ月以内の戸建て住宅室内のVOC濃度¹⁵⁾

VOC濃度の測定結果¹⁶⁾を示す。この図より分かるように、1軒の住宅以外は、厚生労働省が設定した漸定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えており、中には $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 近くの例もみられた。また、図5(2)に示す6ヶ月以上たった住宅の場合も室内のVOC濃度は高く、やはり最も高い場合は、 $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 近くの例もみられた。これは、厚生労働省の暫定指針値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の10倍以上となる。

また、図6に示したのは、冬季に実施された集合住宅の実測結果¹⁷⁾であり、極めて高い値となっている。

②気温とVOC濃度の関係

図7に示したのは室内のVOC濃度と室温の関係¹⁶⁾である。ホルムアルデヒドの場合と同様室温が高くなるとVOC濃度も高くなる傾向がみられる。これは、温度の上昇により建材などのVOC発生源の温度が上がり、分子拡散係数が大きくなり、VOCの発生量が増えるためのと思われる。

この様に、化学物質による空気汚染の場合は、他の汚染物質の場合と異なり、換気量だけでなく汚染発生量に影響を与える温度という別の要因が関係してくるため、前述の室内濃度の実測結果においても、通常は換気量が多く室内空気汚染という意味から比較的問題となることが少ない夏季に高い濃度が観測される原因の一つとなっている。

5. 化学物質測定法上の問題点

室内の空気清浄度を評価する上で欠かせないのが、濃度計測であるが、ホルムアルデヒドやVOCのような化学物質は、質量分析機や、高速液体クロマトグラフで測るのが一般

的であるが、これらの計測機は高価であるだけでなくその取扱いには化学に関する高度の専門知識が必要で一般の居住者や工務店の技術者には対応が難しい場合が多い。一刻も早い誰にでも測定できるタイプの現場計測機の開発が待たれているが、図8に示したのは、その様な目的で開発されたホルムアルデヒド用の検知管タイプの簡易型の計測機と従来型の高速液体クロマトグラフ法との比較¹⁴⁾結果である。両者は比較的良い相関を示しており、この対応の検知管の場合は、簡易測定法でもそれほど精度が悪くならないことが示されている。しかしながら、VOCに関しては、ホルムアルデヒドの場合ほどの良い相関を示す簡易計測機は現在のところ開発されていない。

6. 汚染防止のための技術的対策

汚染防止対策として考えられるものの内、最も一般的かつ実用的なのは換気である。また、ホルムアルデヒドを発生させるような建材、機材等を室内に持ち込まないことも重要である。

それら以外の方法としては、発生源を無害化する方法がある。建材などに含まれたホルムアルデヒド等の化学物質は、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、居住者が住むころには発生量が少なくなるようにするような対策である。図9¹⁸⁾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°C 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

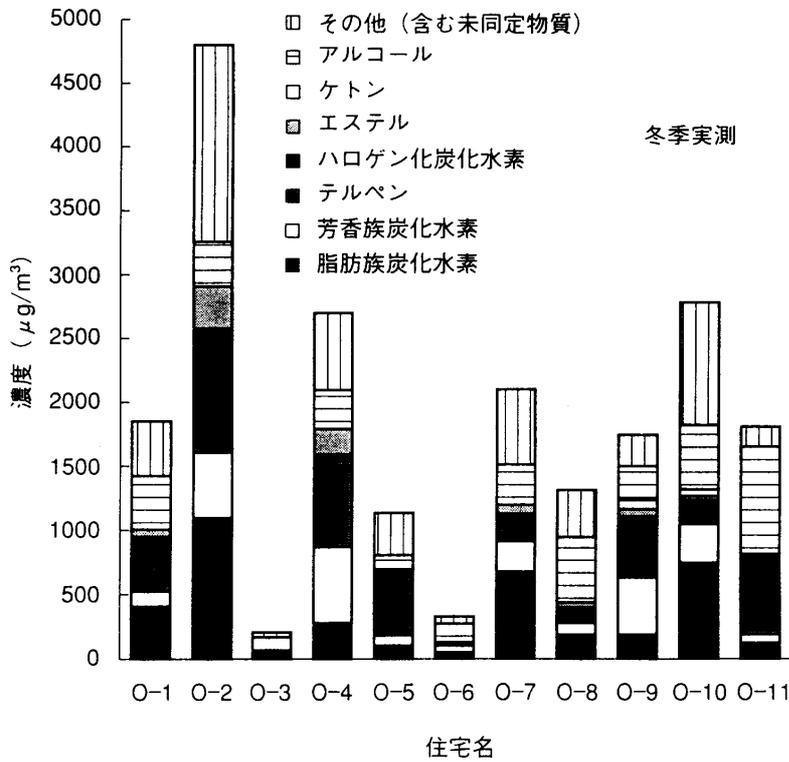


図 5(2) 新築後 6 ヶ月以上経った戸建て住宅室内の VOC 濃度¹⁵⁾

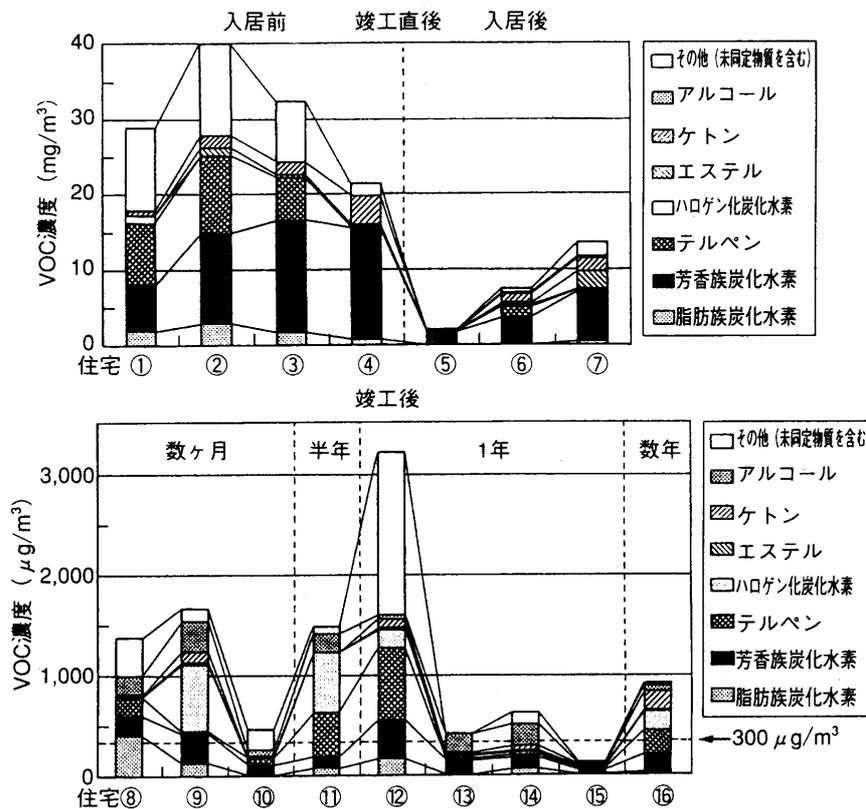


図 6 集合住宅室内の VOC 濃度 (春季)¹⁷⁾

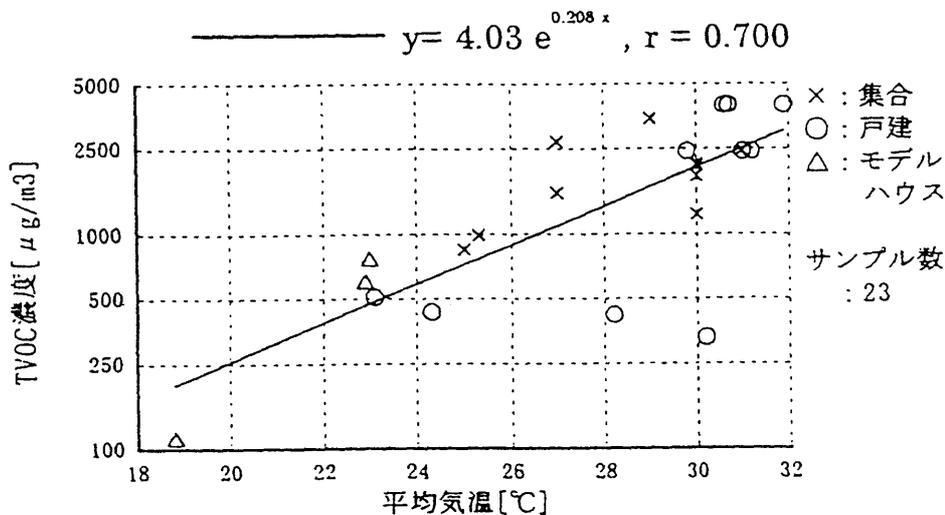


図7 室内のVOC濃度と室温の関係¹⁶⁾

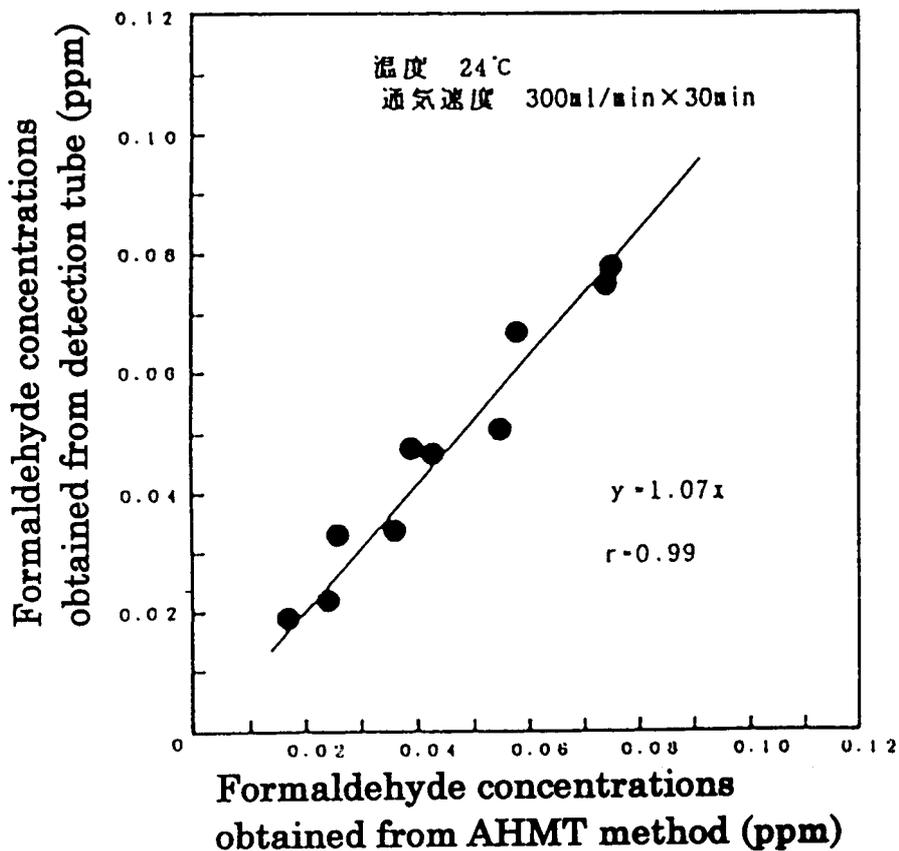


図8 ホルムアルデヒド用の簡易型の計測機と従来型の測定機との比較結果¹⁴⁾

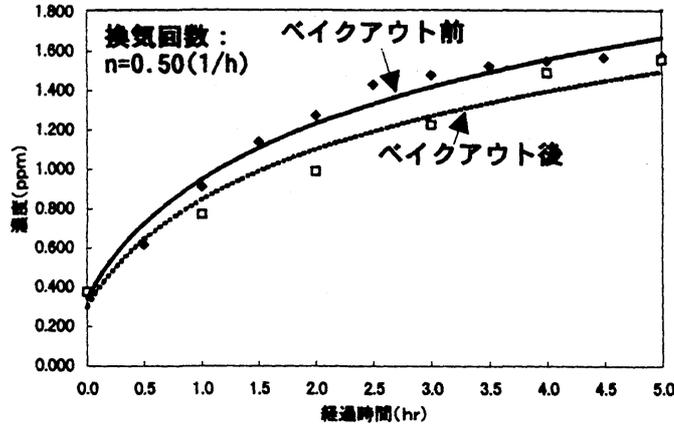


図9 ベイクアウトの効果に関する実験結果¹⁸⁾

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、濃度の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、建材や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。

次に、空気清浄機による濃度低減効果については、筆者らの実験した範囲では図10¹⁹⁾に示すとおり、あまり効果的とはいえない状況にある。但し、最近、ホルムアルデヒドを極めて効率的にとるとの宣伝文句の空気清浄器が販売され始めている。しかしながら、そのタイプの清浄機が、筆者らの実験¹⁹⁾した在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。

7. シックハウスはなぜ起こったか

シックハウスと呼ばれる現象の起こった原因としては、何と言っても建物の気密性能が大幅に向上し、室内外の空気の入れ換わり、即ち換気が少なくなったことである。

このことが原因であることは良く知られていることで、いまさら改めて指摘するまでもないと思われる読者もいると思われるが、この分かりきったようなことの中に見落とされていることがある。それは、多くの日本人は気密性能が上がったと言うことは頭では分かっているが実感として体では分かっていないとでも言ったら良いであろうか。

そのことを如実に物語るのが、気密性能が上がっているのに昔ながらの気密性の低い住宅に住んでいたときの感覚で防虫剤を大量に使用したり、開放型の燃焼器具を使ったり、喫煙行為をしたりしているケースが少なくないことである。また、最も見落とされているのが、家を総ヒノキなどで作る

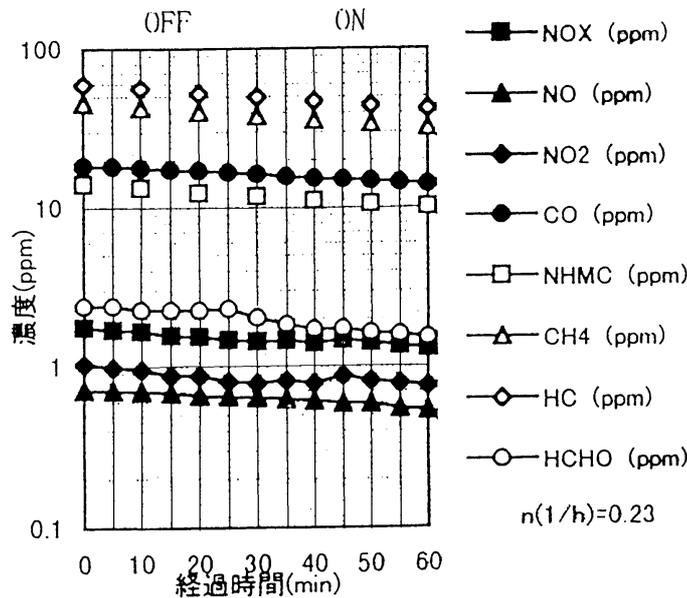


図10 空気清浄機のガス状物質除去効果に関する実験結果例¹⁹⁾

場合があることである。桧からは α -ピネンと呼ばれる化学物質（桧の香の主成分）が発生するため、気密性能の高い家の場合、この物質を含みいわゆるTVOC濃度が極めて高くなるにも拘らず、ヒノキの香りは自然のものだから無害であると信じている人がかなりいることである。自然であれ、人工であれ、化学物質は化学物質であり、ある一定レベル以上になれば健康に有害であることには変わらないということに気がついていない人が多いようである。したがって、総ヒノキ造りとするのであれば、かつての気密性能の悪い住宅のとき確保されていた程度の換気量（おおよそ1回/h程度）を確保することのできる換気設備（できれば機械換気が望ましい）を装備することである。確かに、 α -ピネンは、それほど人体に有害な化学物質ではないかも知れないが、問題は室内空气中にオゾンのような活性の強い物質があるとそれによって分解され、ホルムアルデヒドや蟻酸といったかなり人体にきつい影響を示す物質に変わることがあるとすることである。悪いことに、最近では空気清浄を気にする人の間で、「空気清浄機」や「脱臭機」等と呼ばれる機具が使われるようになってきており、これらの内にはオゾンを用いてホルムアルデヒドなどの化学物質や臭いの基となるVOCを「分解」するものがあるそうである。 α -ピネンがこれらの機具の中で「分解」されたらどのようなことになるか、心配なことである。確かに、杉やヒノキなどの自然の木材は、値段がやすい割に見栄えがよいということがかつて多く使われていたホルムアルデヒドなどを大量に発生する合板の類よりはましかも知れないが、「自然」だから全幅の信頼をおいても良いということではないことを指摘しておきたい。

以上のように述べてきたが、筆者は必ずしも高気密住宅が悪いと言っているのではない。高気密高断熱住宅の持つ優れた温熱環境特性は、健康的な居住という意味で高く評価されるべきものである。しかし、それは必要最小限度の換気量を確保しての話である。

8. 研究者の責任

巻頭でも述べたとおり、この問題に関しては、様々な分野で数多くの研究がなされるようになってきた。しかしながら、それらの研究成果が、本当にこの問題で困っている人々を救うことになっているかと言うとまだほど遠い状況である。

例えば、建材からの放散量に関する研究は数多くなされているが、その成果を応用して建設後の室内濃度を十分な精度で、予測することはできず、そのため放散量が少ないと思われる建材や仕上げ材や接着剤を使って建物を建設したからと言って、必ずしも室内の濃度が厚生省のガイドライン値以下になること保証できない。また、ガイドライン値が設定されている物質は室内に存在する化学物質の内のほんの一部であるし、それぞれ単独に存在している場合のみの値であり、複合影響には全く触れられていない等、解決されなければならないことは多い。

研究者は、様々な学術データは出すが、現状ではこの問

題で困っている人にとって必要な情報とはなり得ていない場合が多い。困っている人に役立つデータは、しばしばいわゆるペーパーにはなりにくいと言った面があり、研究者はどうしてもペーパーになりやすい研究しか興味を示さない傾向があるが、それでは研究者と社会の一般人との距離が遠くなるだけである。この点をより強く意識して、ペーパーになりにくくとも困っている人に役立つ研究を進める責任がある。

9. 各方面での住教育の必要性

上述のことと関連するが、シックハウス問題は、ここ2、3年急に社会的認知が高まったとは言っても、言葉が知られている程度で、重要な内容に関する知識の普及はまだ十分とは言えない。その原因は現在の教育システムにおいて体系的な住居と健康に関する教育がなされていないことがあげられる。特に「住まい手」の立場に立った教育は、本院の保健所の環境衛生監視員や保健婦を対象とした1ヶ月の「住まいと健康」コース、「建築物衛生コース」くらいである。大学の工学部や理工学部等の建築学科における教育は、施工会社や工務店の立場に立った「作り手」のための教育ではない。また、本来、住まい手の立場に立った住教育をするべき家政学部等の住居学科の教育は、工学部建築学科の教育体系をそのまま踏襲しているだけの場合が多い。それはそれらの学科の教官の多くが工学部系の出身者で占められることが多いことと、建築学科以外の家政学部出身の教官は、少数派となっているためである。また、家政学の大学全体としては「衣・食」に比べ、「住」に関する力のいれようが十分でないことも原因であると思われる。

一方、医学系の大学においても、「住」に関する教育は全く不十分であるとしか言い様がない。医学に関し、門外漢である筆者が、この様なことを言うのは不適切かも知れないが、医学関係者の「住」に関する知識は、同じ生活の3大要素である「食」と「衣」に比べ、甚だ貧弱で、一般の住民とほとんど変わるところがない。これでは、医者が患者の住生活全般の指導をすることなどできないと言われても仕方がない状況である。その原因が医学部における住教育の不完全さにあることは否めないであろう。

これらの問題点は早急に解決されなければならない。

参考文献

- 1) 厚生省、健康で快適な住宅に関する検討会議：「健康住宅関連基準策定部会化学物質小委員会報告書」1997
- 2) IARC (International Agency for Research Cancer) Monographs, Vol. 62. 1994
- 3) 日本産業衛生学会：「許容濃度の勧告」, 1996
- 4) ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists): Documentation of Threshold Limited Values, 1996
- 5) EPA (Environmental Protection Agency): IRIS Information, 1994
- 6) 環境新聞：「234有害大気汚染物質リスト」1996年8月4日
- 7) 壁装材料協会：生活環境の安全に配慮したインテリア材料に関するガイドライン」1997

- 8) 堀口博：公害と毒・危険物，三共出版，1973
- 9) 「健康材料MINI GUIDE」，建築知識97年12月号特別付録，1997
- 10) 厚生省シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会：「室内空気汚染に係わるガイドライン」，厚生省生活衛生局生活化学安全対策室，2000
- 11) 大歳幸男：「化学物質情報の正しい読み方」化学工業日報社刊，2000
- 12) 厚生省シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会：「室内空気汚染に係わるガイドライン—室内濃度に関する指針値—」，厚生省生活衛生局生活化学安全対策室，2000
- 13) 厚生省シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会：「総揮発性有機化合物（Total Volatile Organic Compounds, TVOC）の空気質指針策定の考え方について」，厚生省生活衛生局生活化学安全対策室，2000
- 14) 池田耕一，安藤正典，小川博，木村洋，野崎淳夫，堀雅宏，松村年郎，堀口弘：「建材，機械等の揮発性有機化学物質に関する調査研究報告書」，ビル管理教育センター，1998
- 15) 池田耕一，松村年郎，堀雅宏，木村洋：「集合住宅における室内空気質実態調査」その1HCHOの測定，第15回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集，pp. 373-376，1997
- 16) 大澤元毅：「健康的な居住環境形成技術の開発」住宅・建築省エネルギー機構，2000
- 17) 木村洋，池田耕一，松村年郎，堀雅宏：「集合住宅における室内空気質実態調査，その2，VOCの測定」第15回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集，pp. 377-380，1997
- 18) 飯倉一雄，野崎淳夫，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
- 19) 池田耕一，野崎淳夫，吉澤晋，入江建久，飯倉一雄：「家庭用空気清浄機におけるガス状物質の除去特性に関する研究」平成9年度空気調和・衛生工学会 学術講演会講演論文集，pp. 61-64，1997
- 20) シックハウス（室内空気汚染）問題検討会「室内空気汚染に係わるガイドライン案について—室内濃度に関する指針案—」2001年7月