

▽▽室内空気汚染の背景

Q03

室内の化学物質による空気汚染が問題となった背景は何ですか？

A

室内化学物質空気汚染が問題となった背景として、汚染源、建物、人体の3つの側面を指摘することができ

- ① 室内において有害な化学物質の発生量が増加したこと、
 - ② 換気量が減少したこと、
 - ③ 化学物質に反応しやすい人が増えたこと、
- です。この3つについて、もう少し詳しく説明しましょう。

室内における有害な化学物質の発生量の増加

化学技術の進歩が原因？

建材メーカーや工業化住宅メーカーにとって、同一の品質で大量の建材調達が容易な化学物質を利用した新建材の使用はたいへん魅力的です。これらの新建材に含まれる化学物質の中には、結果的に人体に有害な物質が含まれていることがわかりました。また、化学物質を利用した生活用品も普及しています。たとえばヘアスプレー、香水やスプレー式殺虫剤などの生活用品には、いろいろな種類の化学物質が含まれています。また、閉め切った木製家具の中には、ホルムアルデヒド（**Q 21**）を代表

とする各種の化学物質が溜まっていることがしばしばあります。このようにして、建築だけでなく、生活者自らが持ち込んでいる各種の汚染源も、実際にはシックハウスの原因にもなっているのです。

コストダウンとプロフェッショナルの不足が原因？

工費の節減、工期の短縮、施工精度の向上のためや、熟練労働者の不足の解決のためにたいへん有効であるのが化学物質からできている接着剤なのです。接着剤については、(**Q 27**)に詳しい説明があります。

換気量の減少―暖冷房エネルギー節減が原因？

日本のエネルギー消費量の約八分の一が住宅で使用されてい

TIPS 地球環境問題とシックハウス

建材確保のために、森林の伐採が進行しました。そのため現在では、森林保護のために天然建材の使用が制限され、人工建材の使用を続けざるを得ないのが実状です。



るといわれています。そのため、住宅でのエネルギー消費量の節減が求められてきました。住宅の高気密・高断熱化はエネルギー節減のための有効な方法ですが、適切な計画換気を行わずに高気密化を推進したことが、シックハウス増加の一因であるということもできます。すきま風のない建物を造つたら、シックハウスが増えてしまったのです。換気についての詳しい説明は、Q40からQ48にあります。

化学物質に反応しやすい人が増えた

昔は花粉症にかかる人はごくまれでしたが、最近是非常に多くなっています。アレルギー患者の数も同様です。化学物質に反応しやすい人の数も、同じように増加傾向にあります。化学物質過敏症については、Q01およびQ02を参考にしてください。

これからも、建材や日常生活に用いる資材として、多くの化学物質を何らかの形で利用していくことは避けられないことです。現在、日常的な暮らしや産業の中で使用される化学物質は七万種類以上のほり、さらに毎年新たに数千種類の化学物質の使用が追加されているといわれています。現在も将来も、我々の生活は化学物質なしでは成立しないといっても過言ではありません。すなわち、室内空気に対する化学物質の放散を日常生活から根絶することは不可能であるのが現実で、問題はいかにして有害な化学物質の放散を減らすかということです。人体に有害な物質を使用しない建材の開発が強く求められています。

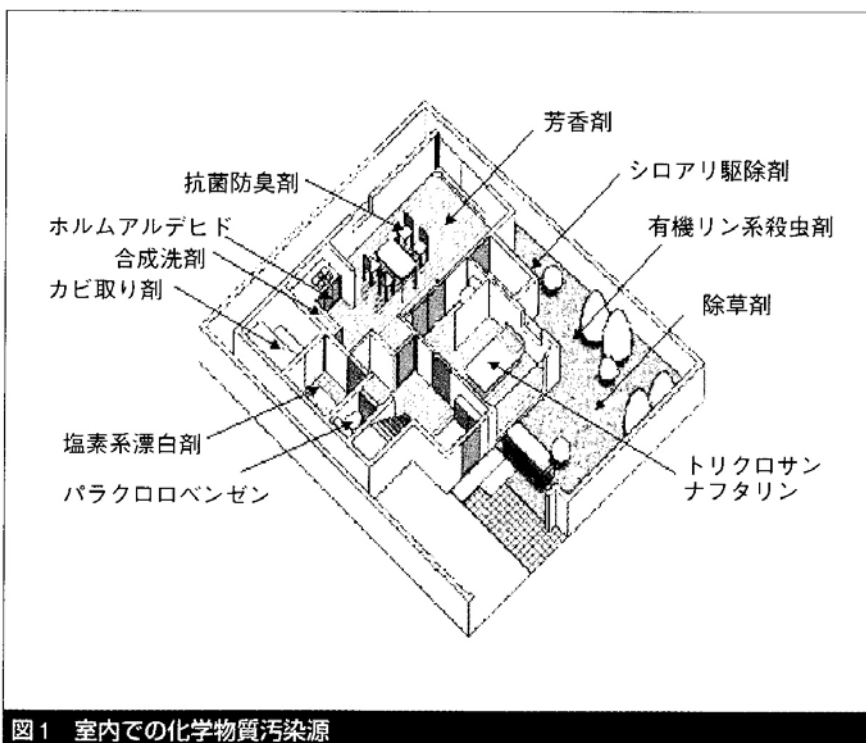


図1 室内での化学物質汚染源

すし、これは徐々に実現に向かっていきます。

〈村上周二〉

▽▽有害化学物質の性質

(1) ホルムアルデヒド [formaldehyde]

メタナール (methanal), メチルアルデヒド (methyl aldehyde), オキシメタン (oxomethane) ともいう。HCHO, 分子量 30.03。融点 -92°C , 沸点 -19.5°C , 対空気比重 1.075, 蒸気圧 10mmHg(-88°C)。常温では無色の可燃性の刺激性気体。爆発限界 7.0～73% (v/v), 発火点 300°C 。水に 55% (v/v) 可溶, アルコール, エーテルに可溶。ホルマリン (formalin) は約 37% 水溶液であり, 重合しやすいので, 安定剤としてメタノールを 7～15% 含む。塩酸と反応し, 発がん性の強いビス (クロロメチル) エーテルを生成する。用途はフェノール樹脂, ユリア樹脂, メラミン樹脂, ポリアセタール樹脂, 農薬, 脱臭剤, 写真現像・固定液などの原料, 家屋内・船内・家具・器具・衣類などの消毒剤, 防カビ剤, 殺菌剤, 殺虫剤, 薬品など。有機物の不完全燃焼によって生成し, 石炭・木・たばこなどの煙, 焼却炉排水, 内燃機関の排ガス中に含まれる。大気中で光化学反応によって生成し, 眼刺激を起こす。排ガスや大気中のアルデヒドの 40～50% を占める。体内ではギ酸を経て二酸化炭素と水に代謝される。希薄な溶液でも細胞原形質のタンパク質を不可逆的に凝固させる細胞毒である。急性毒性は LD_{50} がラット経口投与で 0.2～0.8g/kg, 皮下投与で 0.42g/kg。 LC_{50} はラットで 4 時間暴露の場合 250ppm, 0.5 時間暴露の場合 815ppm, ネコで 8 時間暴露の場合 650ppm。実験的に突然変異誘発が認められている。ホルムアルデヒドで処理したカゼインはショウジョウバエの強力な突然変異誘発物質である。吸入実験で 2 種類のラットの鼻腔に扁平上皮がんの発生が認められたが, マウスでは認められていない。皮膚刺激性は中等度, 粘膜刺激性は高度である。ヒトでは 1 ppm 以下でも感知され, 2～5 ppm は眼・鼻・咽喉を刺激し, 25ppm は耐え難い。ガス・溶液とも皮膚の一次刺激性による皮膚炎と感作性皮膚炎を起こす。しわ防止・縮み防止のため樹脂加工した織物の取扱いや樹脂粉を粘結剤として混じた砂を用いた鑄造工程作業において, 遊離したホルムアルデヒドによる感作性皮膚炎が多発した。慢性作用として脈活量減少・咳を伴った気管支炎様症状, 喘息様症状がある。皮膚の角質肥厚と亀裂を起こす。ホルマリンの誤飲による成人致死量は約 60ml である。許容濃度として, 日本産業衛生学会 (1983) は天井値として 2 ppm ($2.5\text{mg}/\text{m}^3$) を示し, ACGIH (1983) も天井値として 2 ppm ($3\text{mg}/\text{m}^3$) を示しているが, 1ppm ($1.5\text{mg}/\text{m}^3$), A 2 (ヒトに対する発がん性が擬われる物質) に変更することが検討されている。労働安全衛生法施行令別表第 3 において特定化学物質 (第三類物質), 毒物及び劇物取締法において劇物, 大気汚染防止法において特定物質に指定されている。食品の器具および容器包装に用いられるホルムアルデヒドを原料とする合成樹脂, および内面塗装金属缶の溶出試験の一つにホルムアルデヒド試験 (formaldehyde test) がある。樹脂中の遊離ホルムアルデヒド量を規制するための試験であって, 食品衛生法にその試験法および規格が定められている。

(後略)

（2）トルエン [toluene]

メチルベンゼン (methylbenzene), フェニルメタン (phenylmethane) ともいう。C₇H₈, 分子量 92.14。凝固点-95℃, 沸点 110.6℃, 蒸気密度 3.14 (空気=1), 蒸気圧 30mmHg (26℃), 液体の比重 0.866。水に難溶。各種の有機溶剤に可溶。石油より分留精製される。常温常圧では無色の液体で、ベンゼン様の芳香がある。代表的な有機溶剤で、シンナー、接着剤、塗料、印刷用インキを通じてほとんどの溶剤製品に最も高頻度に、かつ最も高濃度に含まれている。染料・火薬・合成繊維などの原料にも用いられるほか、自動車用無鉛ガソリンにはアンチノック剤として最高数十%が含まれていることがある。職場で溶剤として用いられるトルエンの気化に伴う有機溶剤中毒のほか、自動車排ガス中に含まれるトルエンによる一般生活環境の汚染が指摘されている。蒸気暴露に伴う症状としては中枢神経系の抑制作用が最も注目される。比較的低濃度では頭痛・頭重・眠気・めまいなどを訴え、数千 ppm の高濃度暴露では強い麻酔作用がある。また反復暴露を受けた作業員では、全身倦怠感・健忘症・頭痛・息苦しさ・四肢の知覚異常を訴え、脳波異常を生じた症例が報告されている。いわゆるシンナー遊び、接着剤遊びの原因物質である。かつてトルエンにもベンゼンと同様に造血機能障害作用がある可能性が疑われていたが、純品のトルエンにはこの作用を認めず、過去の所見は不純物として含まれていたベンゼンによると考えられている。液体のトルエンが反復して皮膚に接触すると脱脂作用を示す。体内では主として側鎖メチル基の酸化を受け、安息香酸のグリシン抱合を経て馬尿酸として尿中に排泄される。トルエンに対する暴露程度と尿中馬尿酸排泄とには比例関係があり、後者による生物学的モニタリングが実用化されている。許容濃度は、日本産業衛生学会（1983）が 100ppm (375mg/m³), ACGIH (1983) も 100ppm (375mg/m³, 経皮吸収に注意を要する) としている。労働安全衛生法に基づく有機溶剤中毒予防規則では第二種有機溶剤として規制されている。また、海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律において引火性の危険物に指定されている。

（3）ジクロロベンゼン [dichlorobenzene]

C₆H₄Cl₂, 分子量 147.0。o-, m-, p-の三つの異性体がある。

このうち、p-ジクロロベンゼンは、融点 53℃, 沸点 173.7℃。昇華性があり、刺激臭のある固体で、衣料用防虫剤、防臭剤、殺虫剤、くん蒸剤、有機合成中間体として用いられ、環境中に放出。急性毒性 (LD₅₀) はラット経口投与で 2512mg/kg。亜急性毒性実験では、770mg/kg をラットに胃ゾンデで投与すると、5日後に肝性ポルフィリン症が生じた報告がある。ヒトが暴露して生じた症状は眼周囲の腫脹、頭痛、鼻炎などで、暴露中止後は回復する。職業性暴露の場合の重症例は肺・肝・腎障害である。平均 105ppm (50～170ppm) に暴露した作業員は眼・鼻の刺激症状を訴えたが、平均 45ppm (15～85ppm) となると訴えはなくなったという報告もある。発がん性については o-体と同じ。経口投与後のウサギにおける尿中代謝産物は、2,5-ジクロロフェノールと 2,5-ジクロロキノールのグルクロン酸あるいは硫酸抱合物となる。許容濃度として、p-ジクロロ

居住環境調整工学実験（第8～10回目）[水曜日・14:30～17:40・設備システム実験室ほか]

2005.12.07, 12.14, 12.21
環境共生学部・居住環境学専攻
助教授・辻原万規彦

ベンゼンについては、日本産業衛生学会が 50ppm (300mg/m³), ACGIH が 75ppm (450mg/m³) を示している。

▽▽自然材料から発生する揮発性有機化合物

Q32

自然材料からはホルムアルデヒドや揮発性有機化合物は発生しないのですか？

A

自然材料からも、ホルムアルデヒド（ HCHO Q21）や揮発性有機化合物（VOC）（ VOC Q22）は発生します。表1には、食品に含まれるホルムアルデヒドを示します。また、接着剤を使用していない木材（無垢材）からもホルムアルデヒドは発生します。

表2には、アカマツ、スギ、ヒノキの三種の樹種について、生木状態の木材、乾燥状態の木材、および加熱処理した木

表1 食品中のホルムアルデヒド

| 食品類の名称 | ホルムアルデヒド含有量 [ppm] |
|--------------|-------------------|
| 果実(リンゴ, なし類) | 2~8 |
| キュウリ | 2.3~3.7 |
| 鳥獣肉類 | 0.5~6 |
| 魚肉 | 6~14 |
| 薫製品 | 3~30 |
| タラ | 30 |
| 冷凍タラ(背肉) | 21 |
| 冷凍タラ(白身) | 4.6 |
| エビ | 2.4 |
| ヤリイカ | 1.8 |
| 生シイタケ | 6~24 |
| 乾燥シイタケ | 100~230 |
| その他キノコ類 | 8~20 |

ppm : mg/kg
出典：大森光明，福井弥生，山田正三：化学，32，184-189 (1977)

材を六十℃の温水に浸漬した場合に溶けだしたホルムアルデヒドの濃度を示しています。表2に示すように、生木の状態の木材からはホルムアルデヒドはほとんど溶出しません。しかし、乾燥した木材や加熱処理した木材からは微量のホルムアルデヒドが溶出します。このようなことはかなり古くから知られていました。

また、自然材料からは、多種多様なVOCも発生します。たとえば、植物や果物などの香りはVOCによるものです。ここでは、樹木から発生するVOCを調べた結果について表3に紹介します。

樹木からは、表3に示すように多種類のVOCが発生します。最も代表的なものは、 α -ピネン、 β -ピネン、ミルセン、リモネンなどのテルペン類($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$)の分子式をもつ化合物の総称ですが、樹種によっては脂肪族系化合物も発生します。これらの化合物の有害性についてはどう考えたらよいでしょうか。樹木から放出されるこれらのVOCはフィトンチッドとも呼ばれています。フィトンチッドは「植物」を「殺す」という意味があります。すなわち、フィトンチッドは「植物がつくるも

ので、自分以外の生物を殺す効力を有する物質」という意味です。植物にとっては、自分自身を腐朽や微生物などから防御するためにこのような物質を放散することが必要と考えられています。

さて、フィトンチッドの人体に対する影響はどうでしょうか。森林浴の効果の一つは、フィトンチッドにあると考えられています。すなわち、適度のフィトンチッドに曝露されることは健康な人にとって有益に働くとする考え方があります。フィトンチッドには、空気中の雑菌を殺菌する効果、精神の安定効果、去痰効果などがあると考えられています。

森林中の樹木と住宅に使用された木材では必ずしも同一条件ではありませんが、新築木造住宅の場合についても、室内空気から木材に由来するテルペン類が検出されることが知られています。このような「木の香り」成分は全揮発性有機化合物(TVOC)の中で一定の割合を有していると考えられます。そして、このような自然のVOCの健康に与える影響をどのように考えるかは難しい問題です。

〈本橋健司〉

表2 木材からのホルムアルデヒド溶出量に及ぼす乾燥・加熱処理の影響

| 試料 | 乾燥処理 | 加熱処理 | ホルムアルデヒド溶出量 [mg/kg] |
|--------|------|------|---------------------|
| アカマツ丸太 | なし | × | 0.0 |
| アカマツ割箸 | 人工乾燥 | × | 2.6 |
| アカマツ丸太 | なし | ○ | 5.0 |
| スギ背板 | なし | × | 0.2 |
| スギ割箸 | 天然乾燥 | × | 0.8 |
| スギ背板 | なし | ○ | 3.6 |
| ヒノキ背板 | なし | × | 0.3 |
| ヒノキ割箸 | 天然乾燥 | × | 1.0 |
| ヒノキ背板 | なし | ○ | 3.8 |

溶出条件) 木材 50g に水を 200 mL 加え、60℃で30分
×：加熱処理なし、
○：140℃で4時間の加熱処理
出典：井上明生、林 良興：木材工業、50、79-82 (1995)

表3 樹木の枝から放出された揮発性物質 (単位: ng/分)

| 物質名 | 植物名 (長さ 30 cm, 重さ 30 ~ 50 g) | | | | |
|-----------------|------------------------------|------|------|------|--------|
| | イチョウ | アカマツ | サワラ | エンジュ | タカオモミジ |
| α-ピネン | 0.3 | 26.4 | 29.4 | 76.3 | 95.0 |
| β-ピネン | — | 21.8 | 5.1 | 48.4 | 10.7 |
| (I) 3-カレン | — | — | — | — | 18.8 |
| ミルセン | — | 34.1 | 4.5 | 31.1 | 53.3 |
| リモネン | — | 26.0 | 1.9 | 49.2 | 34.3 |
| β-フェランドレン | — | 16.5 | — | — | — |
| テルピネン | — | — | — | 4.7 | 21.2 |
| p-シメン | — | — | 1.6 | — | 7.5 |
| ペリレン | — | — | — | — | 16.7 |
| ヘキサナール | 0.3 | — | — | — | — |
| シス-3-ヘキセニルアセテート | — | 1.8 | — | 18.6 | 1.8 |
| シス-3-ヘキセノール | 3.8 | — | — | 3.9 | — |

出典：安田 環：化学、43、104-105 (1988)