

図 5.4.7 集合住宅のベランダで喫煙した際の上階と隣家のベランダと室内の汚染（受動喫煙）

#### 5.4.4. 職場や公共的な施設での受動喫煙による汚染の実態

##### ①喫煙席からの拡散

ファミリーレストラン等では喫煙席と禁煙席の設定をしている店舗が増えてきました。しかし、空間が連続していますから、エアコンで攪拌されて禁煙区域も汚染されます（図 5.4.8.）。このような場所には立ち入らないことが症状を悪化させないために重要です。

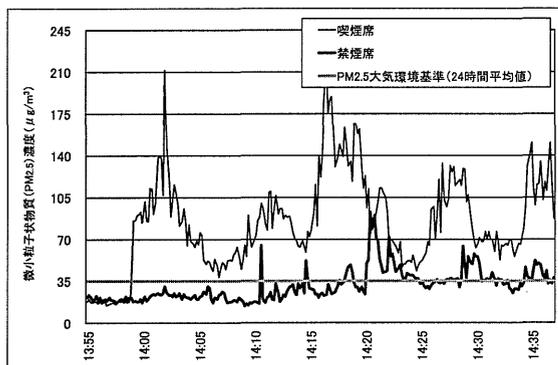


図 5.4.8. 喫煙席・禁煙席があるレストランの汚染（受動喫煙）

## ②喫煙室からの漏れ

東京都庁3階にある喫煙室とその周囲のPM<sub>2.5</sub>を測定したところ、内部は劣悪な環境で、廊下にも明らかにタバコ煙が漏れていました(図5.4.9.)。喫煙室の外に漏れたタバコ煙はフロア全体を汚染しますので、このようなビルにも立ち入らないことが大切です。

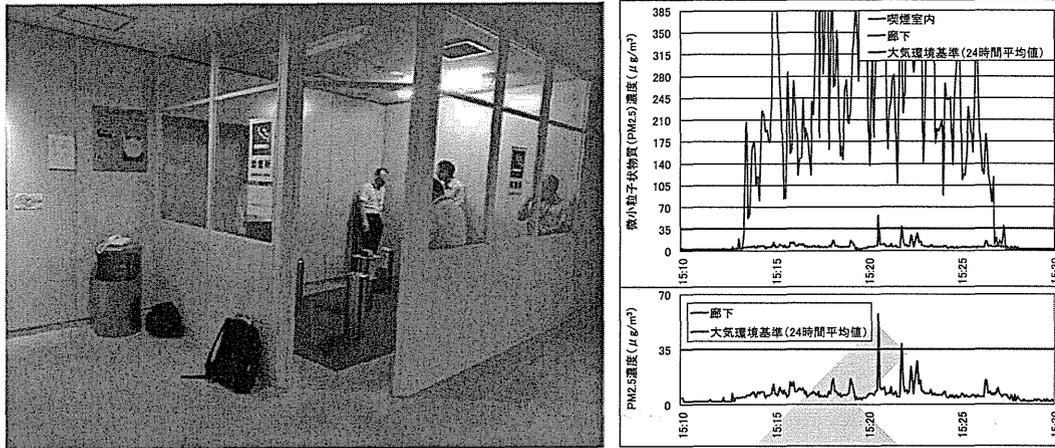


図 5.4.9. 東京都庁3階の喫煙室から廊下に拡散する汚染(受動喫煙)

## ③屋外の喫煙コーナーからの流入

出入口に灰皿があると屋内に大量のタバコ煙が入ってきます(図5.4.10.)。このような施設には灰皿の撤去を申し出ること、撤去されるまでは利用しないことが症状を悪化させないために大切です。

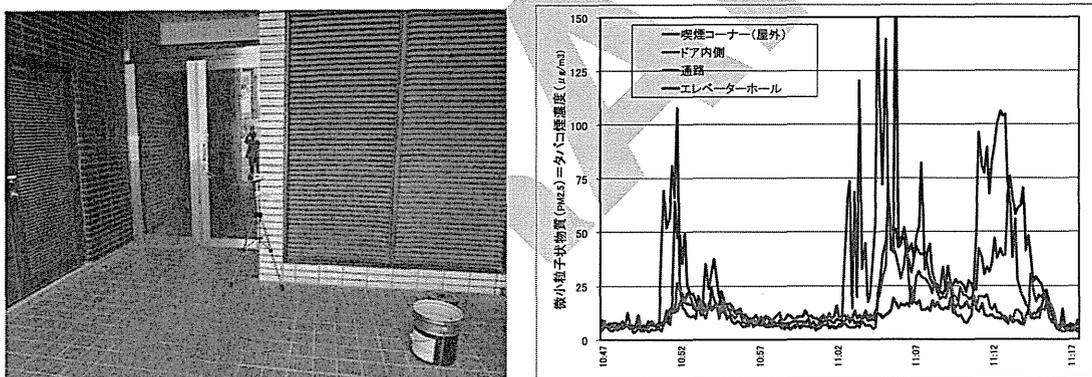


図 5.4.10. 出入口の喫煙による建物内の汚染(受動喫煙)

## ④屋外の喫煙コーナーの風下での受動喫煙

路上喫煙禁止区域にある喫煙コーナーの風下でPM<sub>2.5</sub>濃度を測定したところ、25メートル先でも明らかな受動喫煙が発生することを確認しました(図5.4.11.)。喫煙コーナーがある場所には可能な限り近づかないようにすることが大切です。

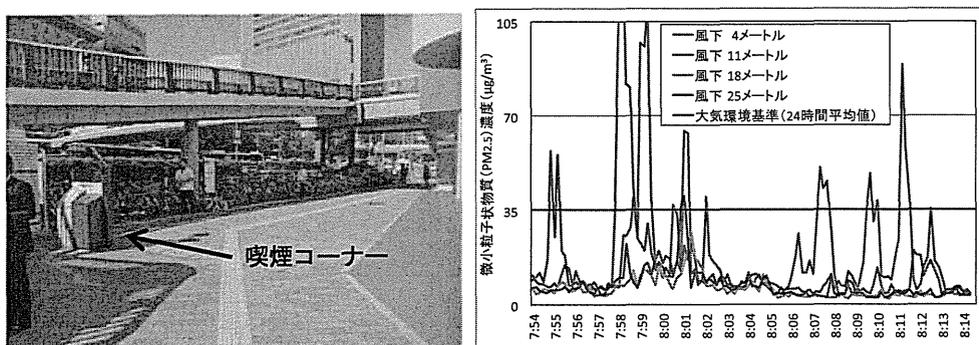


図 5.4.11. 喫煙コーナーの風下25メートルでも発生する汚染(受動喫煙)

#### 5.4.5. 三次喫煙

東京駅八重洲口の地下街、動輪の広場には混み合う喫煙室があります。喫煙室の内外でPM<sub>2.5</sub>濃度を測定したところ、内部は劣悪な環境で、大量のタバコ煙が地下街に漏れていること、喫煙室内のTVOC濃度とPM<sub>2.5</sub>濃度はよく相関することが認められました。

水洗いした新品のタオルを3本、喫煙室内に5分間、10分間、15分間静置し、それぞれ、密閉バッグに封入して清浄な空気環境の場所へ移動した後で、密閉バッグ内のTVOC濃度を4分間測定し、その最高値を記録した結果をグラフに示します(図5.4.12.)。5分間静置しただけで、タオルは強いタバコ臭の発生源となることが認められました。布類や喫煙者の口腔粘膜に付着したタバコの粒子状物質からガス状物質が揮発する現象は、学術論文で三次喫煙(thirdhand smoke)と定義されています。列車や飛行機などの閉鎖空間に喫煙室を使用した人が隣に座った時の三次喫煙は特に問題になります。2010年に発出された厚生労働省健康局長通知「受動喫煙防止対策について」には、「残留タバコ成分」として啓発に努めるべきことが述べられており、気管支喘息や化学物質過敏症やシックハウス症候群の患者さんでは発作の原因となります。

同居する家族が喫煙する場合、衣服や呼気から発生する三次喫煙は避けられません。喫煙室を撤去すること、喫煙する家族は禁煙させること、自力での禁煙が困難な人は禁煙外来を受診させることが必要です。



図 5.4.12. 喫煙室に静置したタオルから発生するガス状の汚染物質 (三次喫煙)

## 5.5. 浮遊粒子、燃焼生成物等

### 5.5.1. 開放型燃焼器具による汚染とその影響

石油を燃焼させる暖房器具を使用する場合、大量の汚染物質（窒素酸化物、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、アンモニア等）が発生します。シックハウス症候群の患者さんが居る家庭では使用しないことが重要です（図 5.5.1.）。

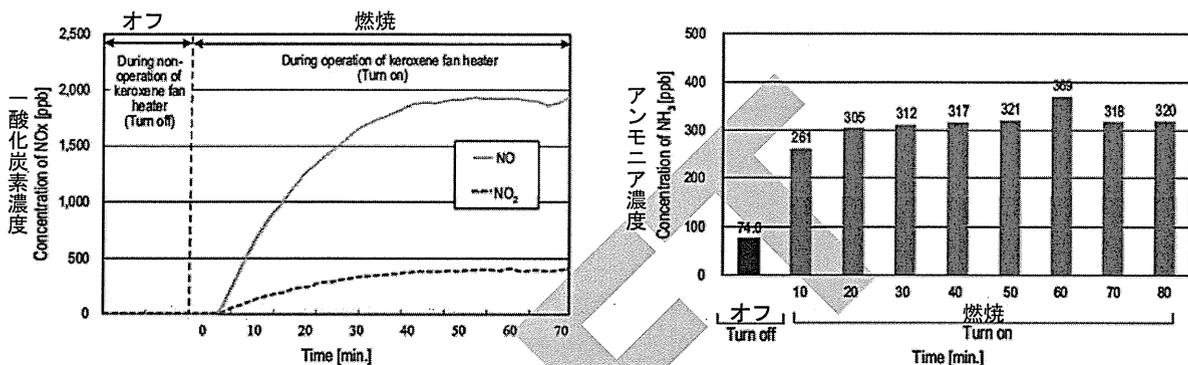


図 5.5.1. 石油ファンヒーターの使用で発生するガス状の汚染物質

(左：窒素酸化物、右：アンモニア)

### 5.5.2. 調理で発生する PM<sub>2.5</sub> とガス状物質

調理で発生する煙も PM<sub>2.5</sub> とガス状物質の混合物です。調理の煙をなるべく吸い込まないようにするためには、換気扇のフードに磁石で固定できる天ぷらガードで延長し、側面にはアルミホイルを磁石やテープで固定すると排気効率が改善します（図 5-14）。



図 5.5.2. 台所の換気扇の排気効率を改善する工夫

### 5.5.3. 大気中の汚染物質：粉じん（PM<sub>2.5</sub>）

2009年、環境省は「人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準」として、PM<sub>2.5</sub>の大気環境中の基準を「1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること」とされました。さらに、2013年、工業化が進む中国からの越境汚染が社会問題となり、表に示す指針が示されました。環境省は、PM<sub>2.5</sub>濃度が高い日には、不織布で作られた高性能で、顔の大きさに合った粉じんマスクを着用すること、屋内ではPM<sub>2.5</sub>を除去できる空気清浄機を使用することを推奨しています。

表 5.5.1. 注意喚起のための大気中のPM<sub>2.5</sub>の暫定的な指針

レベル	暫定的な指針となる値	行動の目安	備考
	日平均値( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		1時間値( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ※3
II	70 超	不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。(高感受性者 ※2 においては、体調に応じて、より慎重に行動することが望まれる。)	85 超
I	70 以下	特に行動を制約する必要はないが、高感受性者では健康への影響がみられる可能性があるため、体調の変化に注意する。	85 以下
(環境基準)	35 以下 ※1		

※1 環境基準は環境基本法第16条第1項に基づく人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準。

環境基準の短期基準は日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、日平均値の年間98パーセンタイル値で評価。

※2 高感受性者は、呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等。

※3 暫定的な指針となる値である日平均値を一日の早めの時間帯に判断するための値。

### 5.5.4. 大気汚染による室内汚染（SO<sub>x</sub>，NO<sub>x</sub>，黄砂など）

大気汚染の原因となる代表的な粒子状物質はPM<sub>2.5</sub>や黄砂で、ガス状物質は硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）や窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）です。PM<sub>2.5</sub>は大気中ではガス状物質とほぼ同じ動きをする上に、容易にリアルタイムモニタリングが出来るので、PM<sub>2.5</sub>を測定することで大気汚染による室内汚染を推測することが出来ます。

中国からの黄砂やPM<sub>2.5</sub>が飛来する4月、西九州（長崎、佐賀、福岡）の5ヵ所の事務所で延べ60回にわたり、大気中と室内のPM<sub>2.5</sub>の濃度を比較した田口らの調査により、屋内のPM<sub>2.5</sub>の濃度は屋外の約8割であることが分かりました。大気汚染物質が高い日の対策は、窓を開けないこと、ドアの開閉は最小限にすることが大切です。

第Ⅲ部 室内環境にかかわる要因の把握と  
快適な環境の実現

第6章 快適な室内環境の実現

DRAFT

## 第6章 快適な室内環境の実現

### 6.1. 汚染の少ない建物とは

室内空気汚染は、健康に影響を及ぼす物質が室内空气中に滞留して起きる現象ですから、汚染濃度の低い環境をつくり、維持することが快適な室内環境づくりの当面の目標になります。

話を簡単にするため、吸着・分解など複雑な現象を無視すると、対策の基本は「汚染発生の発生・流入を抑える」ことと、「換気により速やかに希釈・排出・排除を図る」の二つの方策に尽きると言えるでしょう（図 6.1.1.）。

ここでは、汚染物質発生の源である建物の内装や構造体の選定・設計が室内空気健康性にどのように関わっているかを、環境工学の視点から換気対策と関係づけながら説明して行きます。

（換気に係わる気密性や換気・空調設備については「第6章 6.3. 換気的重要性」、建築法規制については「第4章 室内環境に関わる規制」、カビなど生物汚染については「第6章 4. 高湿度環境への対応」を参照して下さい。）

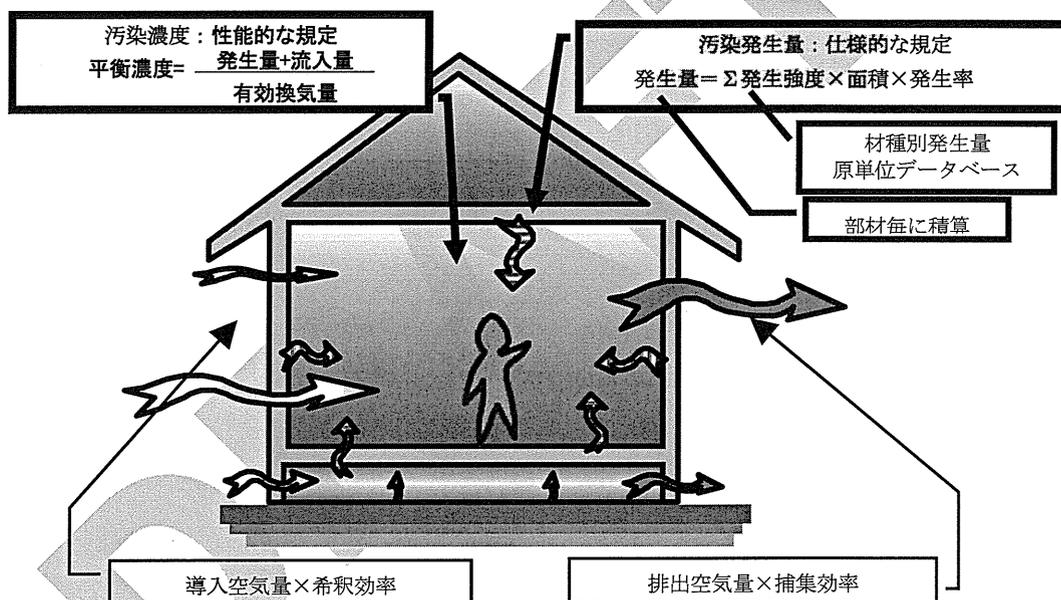


図 6.1.1. 建築における室内空気汚染の経路と指標の基本

従来から建築分野では、外界の大気汚染、ストーブ・調理機器等からの燃焼排気、人体からの呼気などを汚染源として扱い、建築基準法でも換気や通風の手だてが論じられてきました。

しかし、現代の建築物には構造強度、接着、可塑、防虫・防蟻、防腐・防菌・防黴、防災、防汚など様々な性能・効果を実現するため、多くの薬剤・人工化合物が用いられています。近年ではそれらなしに効率的で快適な建築の足元を支える材料製造、設計施工を行うことは、技術的にもコスト的にも非常に難しくなっています。一方、家具や電気機器、装飾品など持込み品からの発生も日常化して汚染発生を完全に断つことが難しくなる中、発生源や発生メカニズムを踏まえて、定量的・科学的に健康影響を防ぐ方法を考えていく必要が高まっています。

一方、省エネルギー対策の一環として 1980 年代から先進諸国で進められた建築物の過激な換気削減策等が建築物内の居住者に及ぼす健康影響が「シックビル症候群（Sick Building Syndrome : SBS）」として顕在化したことも忘れてはいけません。わが国でも当時の調査研究により、微粒子

や気体の形で室内空気中に様々な物質が検出されて、その対応が社会的な課題となりました。

しかし幸い、わが国の一般建築物（公共性が高い特定用途で延床面積が一定以上の建築物が対象）においては建築物衛生法により室内の二酸化炭素濃度を 1000ppm 以下に保つことが定められ、行き過ぎた換気量削減に歯止めがかけられていました。本来、二酸化炭素濃度は全体的な空気の汚れの総合指標として採用された項目で、今日のシックハウス防止を意識したものではなかったのですが、結果的に大型施設の空気環境の維持に効果を挙げました。

ところが、この規制が適用されなかった住宅においては、省エネルギー化への動きが自然換気の減少という形で直撃し、世界にも例を見ないシックハウス問題の発生を許してしまいました。

日本のシックハウス問題は、欧米諸国とは異なる固有の背景の中で生じています。我が国の伝統的な住まいでは、多雨で高温多湿な気候にあわせ、冬の寒さより夏の暑さ対策を旨とした開放的な構造、天井裏・床下の大きな緩衝空間、庇が深く大きな開口部を備えた特有の様式が培われましたが、そこには「気密」の発想が欠けていました。

意図して設けた隙間ではないので詳細は明らかではありませんが、昭和 30～40 年代の隙間量（C 値：「床面積当たりの相当開口面積」で評価します）は、平均して近年建つ住宅の数倍あるいはそれ以上あったと考えられています。1980 年代の石油危機以降、省エネルギー化をめざして暖冷房の効率と快適性の改善を図るとともに、断熱材・構造躯体での結露（躯体内で生じるため、室内表面での結露と区別して「内部結露」と呼ばれる）を防ぐため、シート等を用いた気密・防湿の強化が急速に進行しました。当然、汚染物質希釈に一定の効果があった隙間換気などが確保されなくなるなか、世帯人数の減少や共働きの増加、生活時間の変化、外界環境の劣化等が引き金となって、通風換気の習慣が失われていったことも汚染物質の滞留を加速しました。

このような「化学物質発生の増大」と「換気量の減少」とが相乗的に作用し、わが国においても特に住宅を中心にシックハウスの危険が高まったと考えられています（図 6.1.2. 参照）。

以下、本章の冒頭に示した「汚染発生の発生・流入を抑える」対策に係る主な発生源とその対策について述べていきます。

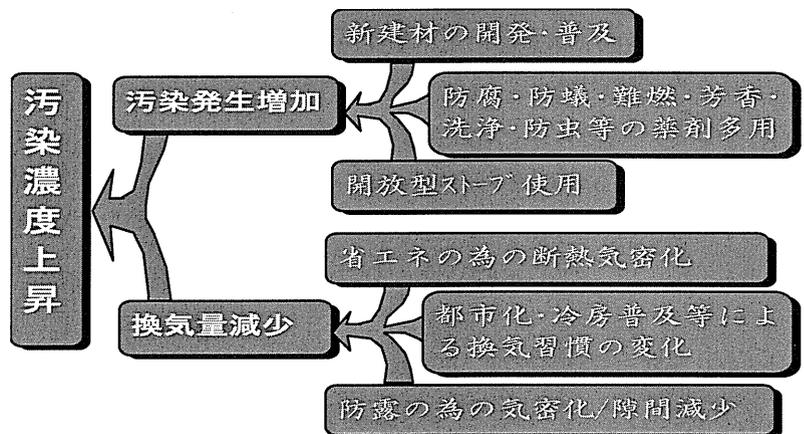


図 6.1.2. 住宅におけるシックハウス問題発生の構図

### 6.1.1. 発生源と移動経路

一般に建築物は、外界からの気象（熱湿気、風圧、日射等）、害虫獣、騒音、犯罪などのストレスに対抗する屋根・外壁・外部建具などの外装と、室内の空間を包みこんで生活空間を形成・維持する天井面・壁面・床面などの内装、荷重や外力を負担し外装や室内空間を支持する木材やコンクリートなどの構造躯体、そして給排水・衛生・調理や暖冷房・給湯・照明等に係わる住宅設備により構成されています。さらに、外観からは識別できない断熱材、防水材、気密材、配線・配管材のほか、塗料、シーリング材、接着剤をはじめとする様々な素材にも本来機能の実現と耐久性・生産

性改善のために薬剤が使われその影響が居住空間に現れます。薬剤・成分と健康影響の詳細については第5章で詳しく触れていますので、ここでは部位・用途の観点から発生と移動メカニズムを分類して表6.1.1.に示しました。

汚染物質の発生部位が居住者の視野に入っていれば分かりやすいのですが、現れていない構造躯体内部や補助資材からの汚染は、施工時期や移行経路・メカニズムに影響されるため、発見が困難なうえ、対応方策も一様ではなく注意が必要です。従って、汚染物質の発生・移動（流入）を考え、対策を練るには、部位別に加えて、発生に係る行為の段階別（設計/施工/居住/災害時/改修時など）、移動経路・要因別（材料選択/養生不足等の施工ミス/高温高湿等による加速/暖冷房・換気設備による圧力分布/建具性能/気密性など）などを把握しておかなくてはなりません。

以下、表6.1.1.を参照しながら、発生メカニズムや対策に係る特徴について述べます。

表 6.1.1. 部位・用途と発生・移動メカニズム

発生部位	主な用途・目的	関連する発生移行性状と配慮事項
建物内装	天井材 壁材(壁紙、左官材、室内塗料) 床材(木質系、ビニル系)	室内表面に敷設され直接放散されるが、検出や原因追究は比較的容易。 一部の低沸点化合物は表面から埃などに移行する場合がある 基材と共に表面膜材やワックスに要注意 安全性配慮等にバラつきが大きい
構造躯体 (天井裏等)	軸組み木材 (柱、梁、土台等) 合板・集成材・木質繊維板 断熱材 コンクリート 防蟻剤、防腐剤	躯体内から室内に侵入する可能性があるが移行経路・発生源追求は難しい 接着剤はユリア系からフェノール系等に移行している 水分発生源として要注意 金網・材種選別など物理対策が模索中
建物外装	塗装(溶剤・樹脂・添加剤等) 防水材(溶剤・樹脂等)	外気経由や近隣汚染にも注意が必要 陸屋根、ベランダ防水等
補助資材 (室内、屋外)	接着剤 シーリング材	VOC 放散規格が設定され、VOC フリー材が普及してきた。
生活用品 (室内)	殺虫剤、芳香剤 家電、家具 開放型燃焼器具、喫煙 カーテン、衣服、印刷物	室内に直接放散されるため影響が大きい 海外未対応品や農薬に要注意 持ち込まないことが原則 有害物質の残留(吸脱着)等に要注意

## 6.1.2. 汚染物質の放散と対策の基本的考え方

図6.1.3.に建築基準法策定に際して作成した、ホルムアルデヒド発生と被害に係る建築的要因の連鎖を示します。ホルムアルデヒドは当時最も被害が大きく、国土交通省の実態調査(2001年)においても厚生労働省の濃度指針値(0.08ppm)を25%以上の住宅で超過していた代表的汚染物質です。

左端の被曝被害から右に向かって、係わっている指標・要因と、その制御のための物理的条件(対策)が示され、法的対応を想定したポイントは破線で囲まれた記述と矢印で記しました。ここでは時間経過や発生部位の詳細に立ち入ることなく、住宅全体の定常(平衡)状況を簡略に表現しています。室内濃度を抑えるには、この連鎖をどこかで断ち切ることが必要です。本章の冒頭に示した汚染発

生の抑制と汚染排出の確保に加えて、(発生量当たりの)室容積を増やす、或いは吸着(分解)を促すなどの手段が挙げられています。前者は建物自体を改造(設計変更)しなくてはなりませんし、後者は居住者による機器や部材の導入によらなければならないため建築基準法では規制対象にはできません。さらに汚染発生源対策から右に追うと、「使用面積」「発生強度」に加えて「他の発生源」「隣室からの流入」が挙げられています。「他の発生源」としては開放型燃焼(石油ストーブや携帯型ガスコンロ、喫煙、厨房からの廃ガス漏気)、「隣室からの流入」としては外気や構造体内、居住していない部屋からの流入などを想定しています。前者に建築基準法が介入することは難しいと判断する一方、後者に対しては「天井裏等」という形で規制をかけることとしています。

なお、建築基準法では使用面積算定の煩雑さを避けるため、表面積が全体の1/10以下となる線状或いは点状の材は規制対象としないので、設計図から発生源を探す時には注意が必要です。

シックハウス対策の歴史の中では、平成11年制定の「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(以後「住宅品確法」)が当初、表面材に限った壁紙とその下地材(一般に石膏ボードまたは合板)のみを対象とする表面的な評価からスタートしました。しかし、2003年7月の建築基準法改正に先立って国土交通省が行った研究プロジェクト(国土交通技術総合研究開発プロジェクト「シックハウス対策技術開発(2001~2003年)」等)において、この方法ではホルムアルデヒド室内濃度の変化を評価できないことが指摘されました。現行の建築基準法・住宅品確法は、表面材だけでなく構造体内部も含めて建物全体の汚染源を総合的に考慮するよう改められています。

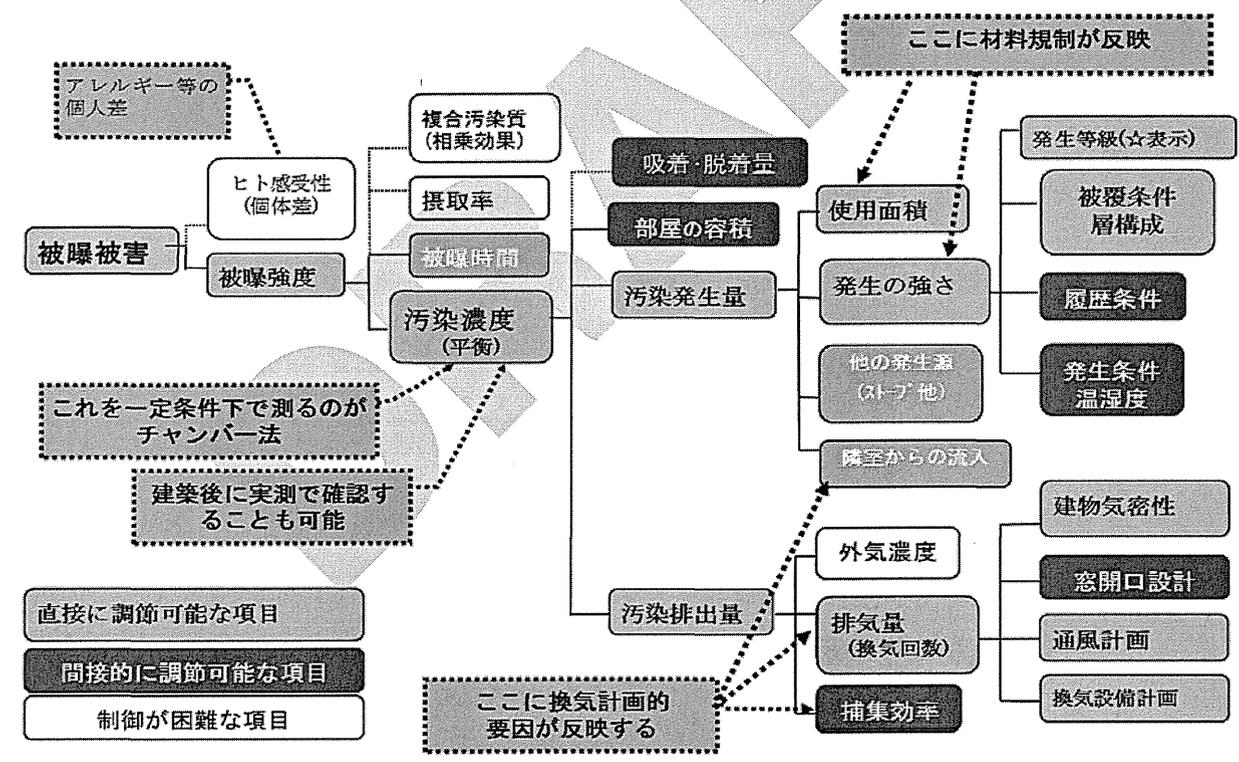


図 6.1.3. ホルムアルデヒド発生と被害に係る要因の連鎖

### 6.1.3. 内装材からの放散

室内に直接接する部材は「内装」と呼ばれ、室内との位置関係と機能から、「天井」「壁」「床」に大別することができます。内装材は多くの住宅において基本的な汚染発生源ですから、表6-1

の中でも非常に重要な項目です。

「天井」は、大きな強度を要しない、下地と表面材からなる比較的単純な構造の部位です。一般に人体が触れたり、物理的に損耗する機会は少なく、発生した汚染物質が呼吸器に入る危険も比較的小さい部位と言えます。ただ、近年は照明器具をはじめとする様々な機材が取り付けられるなど機能が多様化してきています。なかでも暖冷房や換気関係の設備・開口が設けられる場合には、清掃点検が難しくなったり高温部位が生じるなど管理が難しくなります。

軽量性、吸音性、耐火性、断熱性などが要求され、クロス（ビニール・紙・布）、木質系（ムク合板・繊維板）、無機質系（ロックウール板・石膏ボード）などの乾式工法、漆喰・モルタル・塗装・左官などの湿式工法があります。乾式では素材からの放散に加えて接着剤が、湿式では溶剤等が放散源となる場合があります。

「壁」は外観も多様ですが、それ以上に様々な構造・材質と機能を持つ部位です。住宅の場合、構造体や配管・配線が内部に収められているほか、断熱・気密・遮音・建具の取付下地などの機能が限られた空間に圧縮されているため、表面から内部がどうなっているかは専門家でも分かり難いものです。しかも気密と配管・配線、構造材と断熱材などは空間の取り合いとなって本来の機能を果たせない場合がしばしば生じます。また、模様替えなどで新たな汚染が生じる機会の多い部位でもあるので注意が必要です。クロス（壁紙）、塗壁、木、タイルなどが主な素材です。

その層構成は「木造軸組構法」「枠組み壁構法（ツーバイフォー）」「鉄筋コンクリート構法」などの構法・構造形式（その他にも鉄骨構造、ログハウス、組積造などがあります）によって異なるため、設計時・居住時の対策にそれぞれ配慮が必要です（第6章 4. 高湿度環境への対応 参照）。

「床」は生活に最も密着した部位です。室内家具・生活活動の荷重を支え、移動・行動に必要な安全性・快適性を保つことが第一に求められるので、強固な構造と表面の耐久性・衛生性のほか、遮音性や断熱性、滑りにくさなどを実現するための材料選択と設計がされています。なお、壁にも共通の課題ですが、幼児・小児が直接に接する機会が多くなるため、空気を介した摂取だけでなく、表面から口への摂取にも配慮が必要です。

近年の主流は木質フローリングですが、合成樹脂シート、畳、カーペット、コルクなども多く使われています。

放散物質の部位別割合は室の形状や面積規模次第で様々ですが、図 6.1.4. はある実態調査（2005、三田村）から、部位ごとに放散量を推定（測定した放散強度と放散面積の積）した結果です。ホルムアルデヒドでは過半が床から発生しているのに対し、トルエンでは壁からが過半を占めるなど大きな差異が認められるなど一般的な状況を示しています。

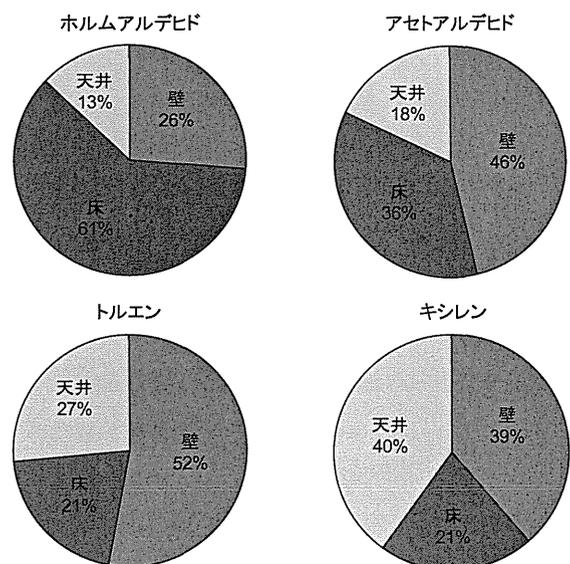


図 6.1.4. 物質別部位別の発生量の一例

#### 6.1.4. (天井裏等の) 構造部材からの放散

表 6.1.1. に示した「構造躯体（天井裏等）」に分類されているのは、室内に面していない壁体内

部や床下、小屋裏等の空間から汚染物質が侵入してくる状況です。住宅の外装と内装の狭間に生じてしまう床下・壁内・天井裏や下屋等は、意図的に作られたものではありませんからしばしば不整形な納まりの悪い空間です。内装材の裏面やコンセント開口周りには内部結露防止のために気密層施工が一般化していますし、一部では相当隙間面積（床面積当たりの隙間面積）の小ささを競う風潮さえありますが、完全に気密にすることはできません。我が国の住宅の気密性は近年急速に上昇していますが、目に見えない隙間の封鎖を担保することは難しいことから、リスク管理上は躯体内で発生した汚染物質がこれら様々な経路を通してある程度は室内に流入することを前提に発生源対策を講じておくことが合理的です。建築基準法では、このルールを厳格に適用して微量でも健康影響が顕著な防蟻剤（床下空間に散布）のクロルピリホスに対しては使用禁止とする一方、ホルムアルデヒドについては、気密層や通気止めが適切に設けられ、或いは換気設備などにより圧力差を設けて室内への流入が阻止できる場合には材料規制を免れることができる例外規定を設けるなどして運用しています。

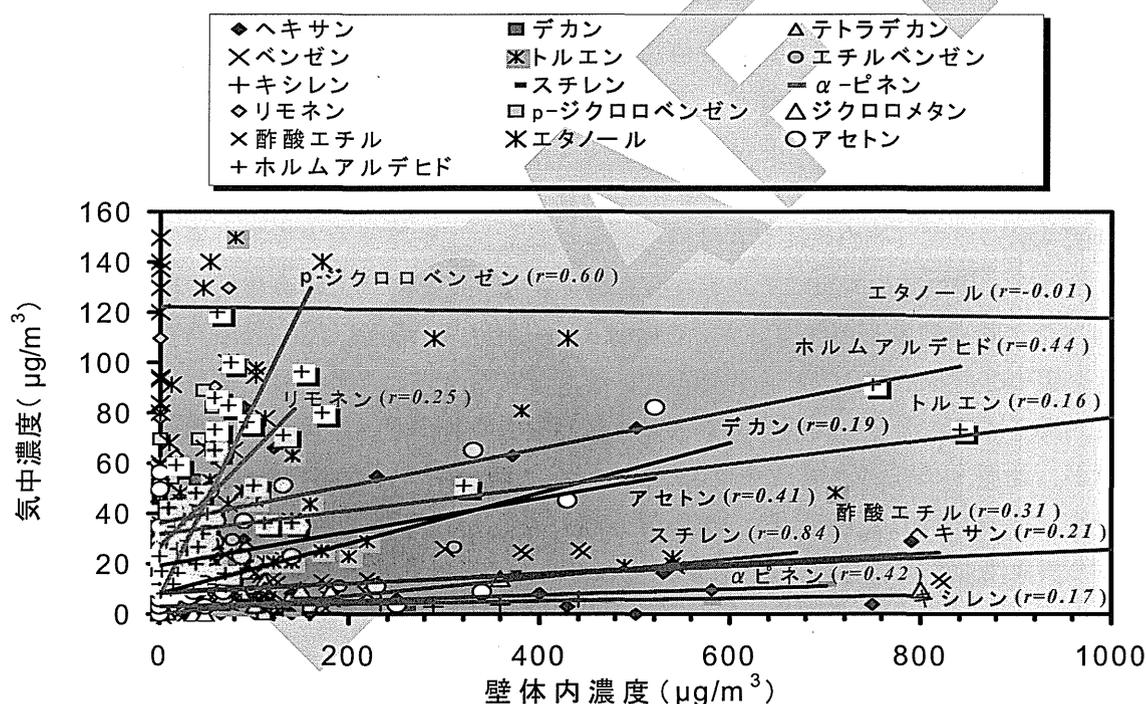


図 6.1.5. 室内濃度と壁内濃度の関係 (2004 三田村)

図 6.1.5. は木造住宅において室内と近傍の壁体内の空気をサンプリングし物質種ごとに比較したものです。ホルムアルデヒドやエタノールのように測定場所に偏りの少ない物質がある一方、接着剤に含まれる酢酸エチル、発泡プラスチック系断熱材のスチレン、木質材のαピネンのように壁体内の方が濃度の高い物質や、殺虫剤に使われるpジクロロベンゼンのように室内の方が高い物質も見られます。このように木造住宅では、躯体内での発生と室内への移行が疑われる場合が多いのですが、建物構造形式などによって様相は一律ではありません。

具体的な発生源としては、木質の合板、集成材、パーティクルボードなどのほか、接着剤、防蟻剤、防腐剤などが主なものですが、近年は躯体内にエアコンを設けたり、躯体内空間を蓄熱・送風・集熱などに活用しようとする試みも見られ事態を複雑にしています。これらは省エネルギーや温熱環境改善には効果がありますが、衛生管理上の課題を生じさせない適切な清掃・消毒などの配慮が必要になる場合があります。

## 6.2. 化学物質の発生源、材料、JIS、自主規制

ここでは発生源の分類に沿って、その分析・評価方法と基準について述べます。

シックハウスが社会問題化した1990年代当時はホルムアルデヒドが主要な汚染物質と認識されていましたが、調査研究が進むにつれ揮発性の高い様々な物質（VOC）の存在と有害性が明らかになり、それに伴って発生源として多様な建材や製品に関心が広がりました。法規制や基準整備はホルムアルデヒド中心に進みましたが、その他の物質については、建築基準法策定時（第154回通常国会）に際して「室内空気汚染による健康影響が生ずると認められる化学物質については、全て規制対象とするよう、室内空気中の化学物質の濃度の実態や発生源、発散量等の調査研究を進め、その結果が得られたものから、順次、規制対象に追加すること」「建築材料及び換気設備の技術的基準については、室内空気中の化学物質の濃度を厚生労働省の指針値以下に抑制するために通常必要な基準を適切に定めるとともに、本法施行後に実態調査を行い、必要に応じてその見直しに努めること」「化学物質による室内空気汚染問題について、今後とも、関係省庁が連携して、原因分析、基準設定、防止対策、情報提供、相談体制整備、医療・研究対策及び汚染住宅の改修等に関する総合的な対策を推進すること。あわせて、カビ、ダニ等に由来する室内空気汚染による健康被害及びその対策についても、その調査研究を推進すること」などの附帯決議がつけられています。近年は、細菌・カビなど微生物に由来するMVOC（Microbial Organic Compound）の他、常温では揮発性が低く、従来のVOCとは物性や移行経路が異なる半揮発性物質（SVOC：Semi Volatile Organic Compound）も健康阻害要因として注目を集めています。

### 6.2.1. 木質材料

木質材料は形状・製法や用途によって合板、木質系フローリング、集成材、MDF（Medium Density Fiber Board、中密度繊維板）、パーティクルボードなどに分類され、その代表的な空気汚染物質はホルムアルデヒドです。1970年代には食器棚等の家具に用いられる合板からのホルムアルデヒドが社会問題になり、1980年にデシケーター法（ガラス容器内に規定の試験片と蒸留水を設置し、溶解したホルムアルデヒド濃度から放散速度を推定する測定法）によるJASのF規格分類（F0～3）が当時の農林省により制定され先行普及しました。2000年には上位規格を設けて合板、木質系フローリング、集成材などを対象とした農林省のFco～Fc2分類、MDF、パーティクルボードなどを対象とした通産省（JIS）のE0～E2分類に改定整備されています。

一方測定法としては、JISA1460「建築用ボードのホルムアルデヒド放散量の試験方法—デシケーター法」JIAA1901「建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小形チャンバー法」が建築基準法改正に歩調を合わせて2003年に制定され、放散等級格付け（F☆（スター）表示。2～4個の☆数で表示することを義務付け）に活用されています。デシケーター形状や負荷率・養生条件が異なる旧JASと整合をとるため、読み換え措置も用意されました。なおこの際に、規制対象を精査して木質材料以外の接着剤・塗料や断熱材なども含める一方、当初から放散が想定されないガラスや「無垢（むく）の木材」についてはこの表示と規制の対象外である旨も明示されています。

JISA1901は建築基準法のホルムアルデヒドに関するF☆表示はもとより、トルエン、キシレン、スチレン、エチルベンゼン等の品確法対象物質、さらに沸点の高い物質にも対応しますが、試験条件が28℃とわが国の基準法に沿ったものとなっています。測定対象の汎用性は広く、床材、建築

用接着剤、建築用塗料、断熱材、上塗材の塗膜などに及びます。

木質製品についても後述する「4 VOC 基準適合」の任意表示制度が広く活用されています。

### 6.2.2. 塗料

建築現場においては、外装・内装を問わず様々な塗料（JISにはK 5658 建築用耐候性上塗り塗料、K 5960 家庭用屋内壁塗料（かつてのK 5961 家庭用屋内木床塗料、K 5962 家庭用木部金属部塗料も統合）、K 5970 建物用床塗料など）が用いられます。建築基準法の規制対象であるホルムアルデヒドについては当初からF☆（スター）規格に則った表示がされて対策が進んでいますが、塗料に特有な「安定した塗膜を形成・保持する」ための様々な成分が、用途や施工要求に応じて配合・添加されており、一律の表示や規制は馴染まないと考えられています（水性塗料を除く）。

社団法人日本塗料工業会では2005年より、主な揮発成分である芳香族溶剤（トルエン、キシレン及びエチルベンゼン）をそれぞれ重量比0.1%以上含まない製品に統一的に「非トルエン・キシレン塗料」の表示を行う活動を行っています。これは原材料情報に基づく配合計算値（SDS）或いは既定の測定法により判定するものですが、各社の自主判定に基づくもので義務的なものではありません。さらに2006年からは溶剤組成・塗装方法などの改良によりVOC成分が30%以下の溶剤型塗料に「低VOC塗料（溶剤形）」の自主表示を行う取り組みも行っています。環境省資料によると塗料からのVOC大気放出は平成12年からの10年で40%以上減少しています。

### 6.2.3. 接着剤

接着剤も施工時に一般に揮発が生じますが、ホルムアルデヒドについてはJISまたは日本接着剤工業会の自主規格JAI - 16：接着剤成分試験方法-接着剤中の揮発性有機化合物（VOC）の測定等により格付けと表示が行われています。また、住宅設備については後述の「建材からのVOC放散速度基準」に準じた「JAIA 4 VOC 基準適合」の制度にも対応しています。なお、130 m<sup>2</sup>の住宅には200 kg以上の接着剤が使用されているとの報道があります（接着剤新聞2010.1）。

### 6.2.4. 壁装材（壁紙）

壁紙の汚染物質管理は建築基準法のホルムアルデヒド規制（F☆制度）と日本壁装協会が1995年（マーク表示制度は1996年から）に独自に設けたISM（Interior Safety Material）制度に則っています。その基準は、厚生労働省の室内濃度指針値対象物質より広範で基準値はより厳しくなっています。 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000142629.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000142629.pdf)

表 6.2.1. ISM 対照物質と基準値

物質名	ISM基準値	厚生労働省指針値
ホルムアルデヒド	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)
アセトアルデヒド	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03ppm)
トルエン	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)
キシレン	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20ppm)
エチルベンゼン	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)
ステレン	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)
パラジクロロベンゼン	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
テトラデカン	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
TVOC	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
クロロピリホス	原材料に使用しない	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppb) 但し、小児の場合は 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007ppb)
フェノブカルブ		33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)
ダイアジノン		0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル		220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb)
塩化ビニルモノマー	0.1 mg/kg	

出典：日本壁装協会HPを基に作成

### 6.2.5. 家具・住宅設備

容積或いは負荷率の制約から上述の小型チャンバー法での測定が困難な対象については、JISS1911「建築材料などからのホルムアルデヒド放散測定方法-大型チャンバー法」が適用されています。大規模な測定施設を要するため、特異な試験室、空気供給源、捕集システムや養生・処理のプロトコルが規定されました。一方、揮発性有機化合物（VOC）に対してはA1912「建築材料などからの揮発性有機化合物（VOC）及びホルムアルデヒドを除く他のカルボニル化合物放散測定方法-大型チャンバー法」が適用されます。なお、このJISも測定温度は建築基準法に沿う28℃としておりISOとは整合していません。

JISの環境整備を受けて、2008年に財団法人建材試験センターに事務局を置く「建材からのVOC放散速度基準化研究会（委員長：村上周三）により「建材からのVOC放散速度基準」が制定されました。これに基づき（一社）日本建材・住宅設備産業協会、（一社）リビングアメニティ協会、キッチン・バス工業会、全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会、日本プリント・カラー合板工業組合の5団体が、同基準への対応を目的とし、業界の自主的取組として制定したのが「住宅部品VOC表示ガイドライン」です。対象は「木質建材のVOC放散性能判断のための根拠」に示されている材料、木質建材等から構成される住宅部品（設備機器・建具・収納等）、具体的には、キッチン、洗面化粧台、カップボード、内装ドア（引戸・折戸を含む）、開閉式間仕切り、クローゼット扉、据置収納、玄関収納、掘りこたつ、天井収納用梯子、屋内階段等としています。会員企業は、構成材料に関する業界団体の表示制度への登録を行ったうえで、製造者等は管理規程と構成材料を照合できる品質管理体制を整えるほか、ユーザーからの開示請求に誠意をもって応えること、「4VOC基準適合」と表示することなどが規定されています。

[http://www.kensankyo.org/kankyo/4voc/voc\\_hyojigaidrain\\_kaisetu.pdf](http://www.kensankyo.org/kankyo/4voc/voc_hyojigaidrain_kaisetu.pdf)

## 6.2.6. 防蟻剤

防蟻剤は厚生労働省の指針値対象にクロルピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブが登場するなど、シロアリ対策のため木造住宅等の床下に散布・施工される薬剤です。構造を担う木材が食害されると生命・財産の危険にもつながるため非常に重要な役目を負っていますが、クロルピリホスは微量でも毒性が大きいことから、床下から室内や近隣へ輸送されるおそれがあるとして建築基準法で使用が禁止されました。シロアリ対策の効果と安全性は、適切な薬剤の選択と、的確な調査・施工能力にかかっており、公益社団法人日本シロアリ対策協会が薬剤認定、工法・材料や検査員の登録を行っています。

今日では薬剤を用いず、細メッシュを用いる方法、基礎断熱として床下を遮断する方法などの物理的対策も提案されていますが、必ずしも普及していません。新しい防蟻法としてはシロアリが好む餌を仕掛けて定期的に観察し、検知した時点でベイト薬剤（対象虫獣鳥等を誘引し給餌して駆除する薬剤）に取り換えて退治するシステムがあります。こちらは薬剤の放散・流出の恐れが少なく、近隣環境にもペットにも安全と謳われていますが監視や設置に手間がかかるためやや高価です。

DRAFT

## 6.3. 換気的重要性

ここでは住宅を対象とした気密性と換気について述べます。

### 6.3.1. 気密化の目的

気密性能とは、その建物がどの程度気密であるか、またはどの程度隙間があるかを示す住宅性能の1つです。近年、新築住宅の気密性能は格段に向上してきていますが、気密化の目的を示せば以下のとおりになります。

- 1) 隙間風の防止による快適性の向上
- 2) 隙間風による暖冷房負荷の低減
- 3) 壁体内部での結露の防止
- 4) 設計で意図した換気性能の確保

上記の1)、2)の目的に関して特に異論はないと思います。3)の壁体内結露とは、暖房時に室内側から侵入する水蒸気が壁体内で冷えて水滴となることです。その結果、断熱材によっては水分を含んでしまい性能が低下したり、断熱材が重くなって下の方にずれたり、木材が湿気を含んで腐朽する可能性がでてくるので、これは避けなければいけません。しかしながら壁の中での現象であり外からは見えませんので、内部結露の防止策を施工の段階でしっかりと施す必要があります。それが防湿層の設置です。隙間をなくすための気密層は、防湿層の役割も兼ねていますので、壁体内結露の防止のために気密化が重要になります。4)についてですが、気密性能が十分に確保されない場合には、設計時に意図したとおりに室内での空気の通り道（換気経路）が確保されず、そのために十分に換気されない空間がでてくる可能性が生じるからです。

1992年に改正された住宅に係わる省エネルギー基準（住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主及び特定建築物の所有者の判断の基準（1992年に改正されたものを通称「新省エネルギー基準」と呼ぶ））では気密性能に関する規定が盛り込まれ、地域区分Ⅰ（北海道）では気密住宅（床面積当たりの相当隙間面積（以下、隙間面積と略称する）が $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下）とすること、地域区分Ⅱ（青森県、秋田県、岩手県）では気密住宅とするよう努めるものとすること、とされました。また、その後の新築住宅における断熱・気密化の高まりや、地球温暖化問題などを背景に1999年に改正された通称「次世代省エネルギー基準」では、日本全国一律に気密住宅とすること、すなわち隙間面積を $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下とすること、地域区分Ⅰ、Ⅱでは $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下とすること、が盛り込まれています。また、住宅の気密性能に関する評定制度が一般社団法人住宅・建築省エネルギー機構で1992年度より開始され、気密住宅として認められた工法は1997年12月現在で50件となっています。

現実の新築住宅において寒冷な地域では隙間面積が $1\text{cm}^2/\text{m}^2$ を下回ることは珍しいことではなく、工務店や住宅メーカーの一部では気密化の技術を工夫して、いかに小数点以下の小さな値が出るかを競っているところもあります。

どの程度の気密性能が要求されるべきかについては、現実の環境条件の下で設計の意図どおりに換気が行われるかどうかで判断する必要がありますが、寒冷地では換気システムにもよりますが $1\text{cm}^2/\text{m}^2$ もあれば十分だと思います。なお、2010年4月の住宅の省エネルギー基準の改正によって、気密性能に関する規定が削除されました。これは、新築住宅の気密性能が全般的に高まっていることが背景にあります。この規定の削除は十分な気密性能の確保が担保されなくなるので、大変残

念なことだと思えます。

## 6.3.2. 換気・空調設備

### a. 必要換気量

換気計画とは、必要な換気量を必要な場所に供給するための換気システムを建物全体として計画することです。そのためには必要換気量を決定することがまず必要です。

必要換気量は、人体に影響の無いレベル、すなわち許容濃度と汚染物質の発生量が明らかであれば算出できます。しかしながら、許容濃度と汚染物質発生量の両方が明らかになっている物質は極めて少ないのが現状です。主な汚染物質の許容濃度に関しては、空気調和・衛生工学会の換気規格 1) の中に表 6.3.1. のようにまとめられています。同表の下欄には、ホルムアルデヒドと TVOC の値が示されています。しかし、これらの物質の発生量データは十分でないため個々の物質に対する必要換気量を求めることは現状では不可能です。そこで室内の空気質の総合的な指標である CO<sub>2</sub> の許容値である 1,000ppm を根拠として算定しますが、その場合には 1人当たり 20 ~ 30m<sup>3</sup>/h が必要換気量になります。

また、シックハウス防除のために改正された建築基準法では、住宅等の居室における必要換気量は換気回数で 0.5 回と規定されています。

表 6.3.1. 室内空気汚染の設計基準濃度

#### (a) 総合的指標としての汚染質と設計基準濃度

汚 染 質	設計基準濃度	備 考
二酸化炭素	1,000ppm	ビル管理法の基準を参考とした。

#### (b) 単独指標としての汚染質と設計基準濃度

汚 染 質	設計基準濃度	備 考
二酸化炭素	3,500ppm	カナダの基準を参考とした。
一酸化炭素	10ppm	ビル管理法の基準を参考とした。
浮遊粉塵	0.15mg/m <sup>3</sup>	〃
二酸化窒素	210ppb	WHOの1時間基準値を参考とした。
二酸化硫黄	130ppb	WHOの1時間基準値を参考とした。
ホルムアルデヒド	80ppb	WHOの30分基準値を参考とした。
ラドン	150Bq/m <sup>3</sup>	EPAの基準を参考とした。
アスベスト	10本/L	環境省大気汚染防止法の基準を参考とした。
総揮発性有機化合物 (TVOC)	300 μg/m <sup>3</sup>	WHOの基準値を参考とした。

### b. 換気方式

換気方式としては、送風機を用いる第 1 種、第 2 種、第 3 種の機械換気と送風機を用いないパッシブ換気があります。第 1 種機械換気は外気を供給するための給気機と室内空気を排出する排気機の両方を備えたシステムで強制給排気システムとも呼んでいます。ダクトを利用し、熱交換機を組み込んで空気を分配する例が多く、寒冷地では普及が進んでいます。第 2 種は給気機のみで換気口から室内空気を排出する方式ですが、室内の方が外気よりも圧力が高く湿気が壁体の中に侵入し内部結露の発生する可能性が高いので住宅には殆んど利用されていません。第 3 種は排気機のみを、外壁に設けた給気口から外気を導入するシステムで集中強制排気システムとも呼びますが、最も普

及しているタイプです。外気を壁から直接導入するので、冬季は快適性を損なう恐れがあるので、給気口の形状、位置を工夫する必要があります。放熱器の脇に給気口を設けて余熱する方法もあります。ただし、気密性能が十分ではない住宅では、外気温度が低く浮力効果が大きいときに2階の外壁に設けた給気口から外気が十分導入されず、換気不足となる場合があります。

パッシブ換気は排気筒を設けた自然換気システムであり、送風機を用いずに室内外の温度差による浮力効果を利用して換気を行うシステムです。ただし、建築基準法では機械換気の設置が義務付けられていますので、パッシブ換気だけでは建築許可が下りません。実際には機械換気も併設し運用上で使い分けるようにしています。

寒冷地では、第3種機械換気やパッシブ換気の場合に、予熱のために外気を直接室内に導入しないで床下を経由させたり、地中のパイプを通したりする例もありますが、その際には床下の空間やパイプの中で汚染の発生がないような処置が必要です。

### c. 換気経路

換気経路とは、屋外からどの部屋に外気を取り入れ、その外気をどのように各スペースに経由させ、室内の空気をどこから排気するかという空気の通る道筋のことです。基本的には、汚染物質や臭い、水蒸気、熱などの発生が少ない居間、寝室などの居室に外気を導入し、それらの発生が多い空間、すなわち台所、浴室、便所などから排気します。また、結露防止やシックハウス防止のために押入などの収納スペースにも空気が通っていくように換気経路を考える必要もあります。床下空間からの汚染の室内への侵入が心配される場合には居室の空気を床下に導き、床下空間に設けた排気口から直接、外に排出するという方法も有効です。換気経路に従って空気が流れるためには最初に述べたように気密性能を確保することが重要です。

### d. 厨房の換気

厨房用の必要換気量は建築基準法に則り調理用の燃焼器具の容量に応じて算出されますが、その値は $300 \sim 400 \text{m}^3/\text{h}$ となります。この値は他のスペースの必要換気量に比べて圧倒的に大きいので、厨房換気扇を運転した場合には厨房以外の部屋の温熱快適性を損なう可能性があります。また、運転時は室内圧が低下しますので暖房用の半密閉型燃焼器具（部屋の空気を燃焼のために使用し、排気ガスをパイプで直接外部に排出するタイプで、浮力により換気される）からの逆流が起こり不完全燃焼の生じる可能性が大きくなります。そこで、最近では厨房に給気口を設けて住宅全体の換気経路とは独立させる例が多くなっています。

### e. シックハウス防除と換気

シックハウス防除のために改正された建築基準法では、シックハウスの主な原因物質であるホルムアルデヒドの濃度が許容値である $0.08 \text{ppm}$ を超えないようにするために三つの方策が示されています。一つ目は、居室における必要換気量を $0.5$ 回として機械換気設備を設けることです。二つ目は、ホルムアルデヒドを発生する建材の使用面積を発生量に応じて制限することです。例えば、ホルムアルデヒド発生量が星3つの場合（F☆☆☆のように建材に表示されている）、内装材として使用できる建材の面積は床面積の2倍までとなります。F☆☆☆☆の場合には、使用面積の制限はありません。三つ目は、天井裏や、1階と2階の間の空間を対象とした処理の方法で、換気設備を設置するか、F☆☆☆以下の発生量の建材を使用するかのどちらかを採用することが規定されて

います。以上の三つはすべて満たす必要があります。詳細は資料3を参照してください。

#### f. 暖冷房システムと換気

暖房・冷房を行っているときには窓が閉じられているので、機械換気を運転して空気を常に入れ替える必要があります。また、石油やガスを燃料とする暖房設備で、開放型燃焼方式（部屋の空気を燃焼に使い、排ガスがそのまま室内に放出されるもので持ち運びが可能）を使用する場合には、目安として換気回数で1～2回の換気が必要です。

エアコンを使用する場合には、そのための換気は不要ですが、エアコンに換気の機能も備わっているという誤解を持っている人がいます。エアコンの使用中也常時換気をする必要があります。

最近では、ダクトセントラル式の暖冷房設備（または暖房設備）が設置される場合がありますが、その設備の多くは換気機能を備えています。

いずれの暖冷房設備を利用する場合にしても換気には十分に注意する必要があります。

DRAFT