

Title	室内空気環境を取り巻く状況とその測定方法
Author(s)	小林, 充
Citation	makoto. 2005, 132, p. 2-8
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85777
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

室内空気環境を取り巻く状況とその測定方法

(財)日本紡績検査協会
環境分析試験センター

所長 小林 充

1. はじめに

地球温暖化現象に端を発し、1997年12月に京都市で開催された地球温暖化防止京都会議で、温室効果ガス6種類(CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆)について国際的に排出削減が約束され京都議定書として公表された。これを受け環境省は対策の一環として、省エネルギー法の抜本的改正に取り組むこととなった。

住宅業界においても数年前から住宅の省エネルギー化が推進された結果、断熱材、シール材等を駆使することにより、屋外環境の影響をできるだけ排除した高気密高断熱住宅が提案され着実に受け入れられている。

このような住宅の出現により、人が快適に生活することができる環境が整ったかと思われた。しかしながら、現実には新築住宅に移り住んだことにより、目や鼻が痛くなったり、頭痛、めまい等の症状を引き起こす例が後を絶たず、シックハウス症候群として大きな社会問題となった。

今回、これら室内空気環境を取り巻く状況とその測定方法について、私たちの取り組みを含め紹介する。

2. シックハウス症候群と行政の研究

関係各省庁は、「健康住宅研究会」「室内空気汚染対策研究会」等を発足させ、室内空気汚染の実態調査及びシックハウス症候群の原

因解明を進めた結果、原因物質として、建材、接着剤、断熱材等から放散されるホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、等の揮発性有機化合物の他、ダニ、カビ等多くの物質を掲げた。なかでも、健康住宅研究会では、「室内空気汚染の低減のための設計・施工ガイドライン」に、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンの3物質及び木材保存剤、可塑剤、防蟻剤の3薬剤を優先取組物質として取り上げた。

一方、厚生労働省では、平成9年6月に、「快適で健康的な住宅に関する検討会議」において、ホルムアルデヒドの室内濃度指針値を設定した。また、「シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会」では、平成12年6月の「第1～3回のまとめ」で、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼンの指針値と具体的な測定条件を「室内空气中化学物質の採取方法と測定方法」として公表した。このように、シックハウス症候群の危険要因である化学物質を特定し、それぞれの毒性等から室内濃度指針値並びに、室内空気の採取方法と測定方法を順次公表し、現在13物質(表1)の指針値を取りまとめている。

さらに、「室内空気質健康影響研究会」では、シックハウス症候群に関する医学的知見の整理を進めている。

表 1. 厚生労働省指針物質と指針値

揮発性有機化合物	毒性指標	室内濃度指針値
ホルムアルデヒド	ヒト吸入暴露における鼻咽頭粘膜への刺激	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)
トルエン	ヒト吸入暴露における神経行動機能及び生殖発生への影響	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)
キシレン	妊娠ラット吸入暴露における出生児の中樞神経系発達への影響	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20ppm)
パラジクロロベンゼン	ビーグル犬経口暴露における肝臓及び腎臓等への影響	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
エチルベンゼン	マウス及びラット吸入暴露における肝臓及び腎臓への影響	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)
スチレン	ラット吸入暴露における脳や肝臓への影響	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)
クロルピリホス	母ラット経口暴露における新生児の神経発達への影響及び新生児脳への形態学的影響	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppb) 小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007ppm)
フタル酸ジ-n-ブチル	母ラット経口暴露における新生児の生殖器の構造異常等の影響	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)
テトラデカン	C ₈ -C ₁₆ 混合物のラット経口暴露における肝臓への影響	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	ラット経口暴露における精巣への病理組織学的影響	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb)
ダイアジノン	ラット吸入暴露における血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性への影響	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)
アセトアルデヒド	ラットの経気道暴露における鼻腔嗅覚上皮への影響	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03ppm)
フェノブカルブ	ラットの経口暴露におけるコリンエステラーゼ活性などへの影響	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)

3. 指針値と活用

シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会等で取りまとめられた内容を基にして「日本住宅性能表示基準」、「学校環境衛生の基準」及び「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル管理法）」の中に対象化学物質・採取方法及び分析方法が組み込まれた。

上記のいずれの基準もすでに建築物が構築されている居室内の化学物質の濃度測定により、その性能を評価する方法である。以下に

それらの概要を示す。

3-1. 室内空気環境に係わる日本住宅性能表示基準

住宅性能表示制度とは、住宅の品質確保の促進等に関する法律の規定に基づき日本住宅性能表示基準（国土交通省告示第1346号）を定め、消費者が安心して住宅を取得できるよう、住宅の性能を表示する制度である。

住宅性能表示制度には、9つの評価項目（表2）に分類されている。その一つに室内

空気環境の項目があり、室内空気中の化学物質の濃度表示を定めている。この制度での測定対象化学物質は、ホルムアルデヒド、トル

エン、キシレン、スチレン、エチルベンゼンの5品目で、「特定物質」の名称を付けている。

表2. 住宅性能表示基準の評価項目

評価項目	空気環境
1. 構造の安定	<p>1. ホルムアルデヒド対策として、居室の内装仕上げ及び居室に係る天井裏等の下地材等のそれぞれについてホルムアルデヒド発散等級を明示する。</p> <p>2. 換気対策では、居室の換気設備について明示する。</p> <p>3. 室内空気中の化学物質の濃度は、特定物質ごとに次のイからへまでに掲げるものを明示する。</p> <p>イ、特定測定物質の名称</p> <p>ロ、特定測定物質の濃度</p> <p>ハ、測定器具の名称</p> <p>ニ、採取を行った年月日及び時刻等</p> <p>ホ、採取条件（採取場所、温湿度、天候等）</p> <p>ヘ、分析機関名</p>
2. 火災時の安全	
3. 劣化の軽減	
4. 維持管理への配慮	
5. 温熱環境	
6. 空気環境	
7. 光・視環境	
8. 音環境	
9. 高齢者等への配慮	

3-2. 室内空気環境に係わる学校環境衛生の基準

学校環境衛生の基準は、学校健康法（昭和33年法律第56号）に基づく環境衛生検査、事後措置及び日常における環境衛生管理等を適切に行い、学校環境衛生の維持・改善を図ることを目的として制定され、平成14年2月には、一部改訂されて教室等の空気環境測定にホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物（トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン）が加えられた。さらに、平成16年2月には、エチルベンゼン、スチレンの2物質が追加され、シックスクール対策が講じられている。

当該基準の測定方法及び濃度基準値は厚生

労働省の測定方法等に準拠している。

3-3. 室内空気環境に係わるビル管理法の基準

建築物における衛生的環境の確保に関する法律では、建築物環境衛生管理基準を定め、特定建築物（百貨店、集会場、図書館等多数の人が利用する3000㎡以上の建築物）の所有者等に、1. 空気環境の調整、2. 給水の管理、3. 排水の管理、4. 清掃、5. ねずみ等の防除の5項目についての維持管理を義務づけている。平成15年4月には空気環境の調整の項目にホルムアルデヒドの室内濃度測定が追加された。

この測定方法及び基準値についても、厚生労働省の測定方法等に準拠している。

4. 建築材料からの有害化学物質放散低減対策

4-1. 建築基準法の改正

シックハウス対策として、内装仕上げに使用される建築材料からの有害物質の放散量を低減させる必要がある。そこで、国土交通省は平成14年7月に建築基準法の改正を行ない、クロルピリホス及びホルムアルデヒドを規制

対象化学物質に指定した。

クロルピリホスについては使用禁止、ホルムアルデヒドについては換気回数に即応した使用制限を義務化した。

4-2. 規制の概要

内装仕上げに使用され、ホルムアルデヒドの発散する恐れのある建築材料を「ホルムアルデヒド発散建築材料」(表3)と位置づけ、これらを使用する場合には規制の対象となる。

表3. ホルムアルデヒド発散建築材料

根拠法令	性能基準	表示
区分	対象建築材料	使用制限
令第20条5第2項	$0.02\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} < \text{発散速度} \leq 0.12\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	F☆☆
第2種ホルムアルデヒド発散建築材料と見なす建築材料	1号 イ、合板 ロ、木質系フローリング ハ、構造用パネル ニ、集成材 ホ、単板積層材 ヘ、MDF ト、パーティクルボード チ、保温材 2号 イ、塗料 ロ、接着剤	換気回数0.5回/h で床面積の約1/3 まで使用可
令第20条5第3項	$0.005\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} < \text{発散速度} \leq 0.02\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	F☆☆☆
第3種ホルムアルデヒド発散建築材料と見なす建築材料	1号 イ、合板 ロ、木質系フローリング ハ、構造用パネル ニ、集成材 ホ、単板積層材 ヘ、MDF ト、パーティクルボード チ、保温材 リ、断熱材 2号 イ、塗料 ロ、接着剤	換気回数0.5回/h で床面積の約2倍 まで使用可
令第20条5第4項	$\text{発散速度} \leq 0.005\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	F☆☆☆☆
令第20条の5第4項に該当する建築材料	1号 イ、合板 ロ、木質系フローリング ハ、構造用パネル ニ、集成材 ホ、単板積層材 ヘ、MDF ト、パーティクルボード チ、その他木質建材 リ、ユリア樹脂板 ヌ、壁紙 ル、接着剤(現場施工用) ワ、保温材 ワ、緩衝材 カ、断熱材 2号 イ、塗料 ロ、仕上塗料 ハ、接着剤	使用制限なし

5. 私たちの取り組み

(財)日本紡績検査協会は、繊維製品の検査団体として1948年に設立され、輸出検査法に基づく民間の指定検査機関として、検査、試験、研究を重ね、我が国の繊維製品の発展に寄与してきた。

一方、1977年には作業環境測定法による作業環境測定機関として、計量証明事業を開始。また、平成3年度からは、健康住宅普及協会と共に厚生労働省指導のもと、シックハウス問題に取り組み、学校環境衛生の基準、住宅の品質確保の促進等に関する法律等に基づく室内空気環境の測定を開始した。また、家具、インテリアからのホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物の放散量の測定、国土交通大臣指定性能評価機関として、建築基準法に係る内装建築材料のホルムアルデヒド放散性能評価業務を進めている。

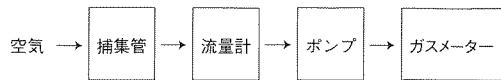
6. シックハウス関連試験の実際

6-1. 住宅に於けるホルムアルデヒド、揮発性有機化合物（VOC）の測定の概要

室内の扉・建具・備用品の扉等の全てを開き、30分間換気を行う。次に、密閉状態を確保するため、外気に面した窓・扉等の開口部を閉鎖し、5時間以上この状態を維持させる。この場合建具・備用品の扉等は開放状態とする。なお、全ての操作中常時換気システムを有している場合は稼働させ、このシステムに必要な開口部は閉鎖しない。ホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物の採取は、所定の時間経過後、部屋の中央付近の少なくとも壁から1m以上離れた高さ1.2~1.5mの位置にポンプをセットし、1ℓ/minの吸引速度で30分間試料空気を採取する。同時にトラベル

ブランクも同様に持ち運び、温湿度も測定する。使用する捕集管は、ホルムアルデヒドには、DNPH（ジニトロフェニルヒドラジン誘導体固相吸着管）を揮発性有機化合物には、固相吸着管（活性炭吸着管）を用いる。

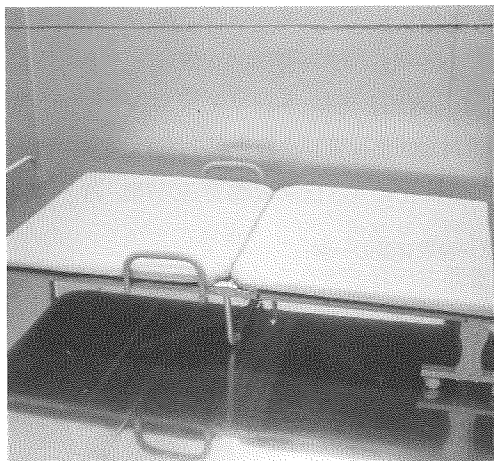
試料採取装置の一例



サンプリング風景

6-2. 家具、インテリア等からのホルムアルデヒド及びVOC放散量の測定の概要

一般家庭に家具等を設置した場合を想定した方法で、十分換気し清浄とした6畳相当の室内を用い、家具等の製品を設置した後、一定条件下で当該製品から放散されるホルムアルデヒド又は、VOCの室内濃度増加分を測定する。室内空気の採取方法等については、住宅に於けるホルムアルデヒド、揮発性有機化合物（VOC）の測定に準拠する。この方法は、数々の部材を使用して作成された製品全体からの放散性能を評価できる特徴がある。



家具試験室測定風景

6-3. 建材等からのホルムアルデヒドVOCの放散速度の測定概要

JIS A1901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—小型チャンバー法に制定された方法である。

当該試験方法は、容積20 lのチャンバー内を真夏の室内の温度(28±1℃)、湿度(50±5%)を想定し、換気状況(通常0.5回/h)に合わせた環境を作り、一定時間経過(1日、3日、7日等)した時のチャンバー内濃度を求め、建材等から放散されるホルムアルデヒドやVOCの放散速度を求めることにより、建材等の居室室内施行面積と室内濃度増加分が算出される特徴を持っている。

①放散速度は放散チャンバー内濃度から次の式で算出される。

$$Efa = (Ct - Ctb) \times N / L$$

Efa: 放散速度 ($\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$)

Ct: 放散チャンバー内濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

Ctb: バックグラウンド濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

N: 換気回数=0.5 (回/h)

L: 試料負荷率 = A/V

A: 試験片表面積 = 0.0437 (m^2)

V: チャンバー容積 = 0.02 (m^3)

②室内空間における気中濃度は次の式で算出される。

$$\Delta C = (Efa \times AR) / (nr \times VR)$$

ΔC : 表面積ARの材料を用いたときの室内空気濃度増加値 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

Efa: 放散速度 ($\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$)

AR: 材料の使用表面積 (m^2)

nr: 室内空気の換気回数 (回/h)

VR: 室内空気の体積 (m^3)



小形チャンバー法測定風景

6-4. 分析方法の概要

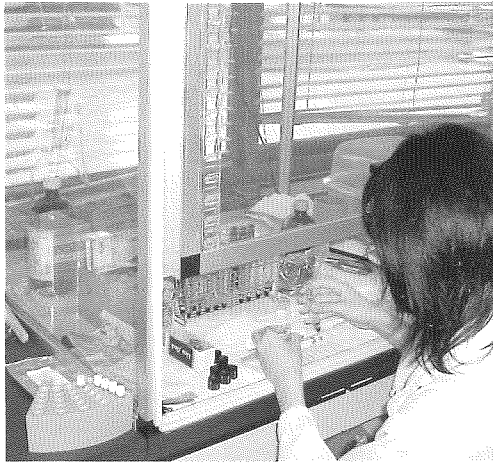
1) ホルムアルデヒド

DNPH誘導体固相吸着管に誘導体化させたホルムアルデヒドをアセトニトリルで溶出させ、次の条件で高速液体クロマトグラフで測定する。

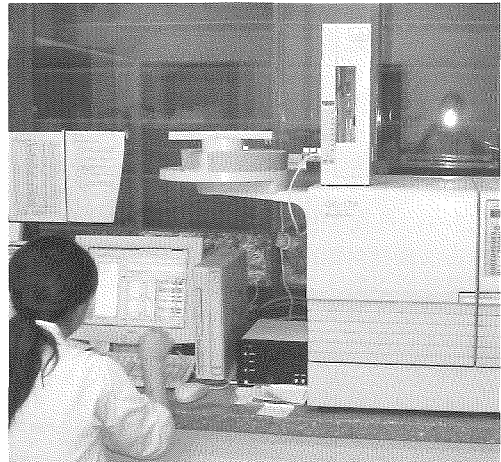
使用試験機 島津製高速液体クロマトグラフ
カラム ODSカラム (内径4.5mm
長さ250mm)

移動相 アセトニトリル:水 (6:4)
 検出器 UV 355nm
 カラム温度 40℃

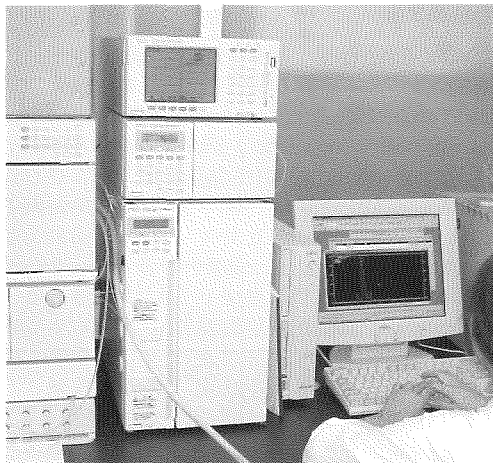
量分析装置
 カラム DB-624 (内径0.32mm
 長さ60m)
 インターフェース温度 230℃
 デテクター温度 230℃
 キャリヤーガス ヘリウム
 検出器(MS) EI法 SIM検出
 カラム温度 40℃ (2分) ~230℃
 試料注入法 スプリット



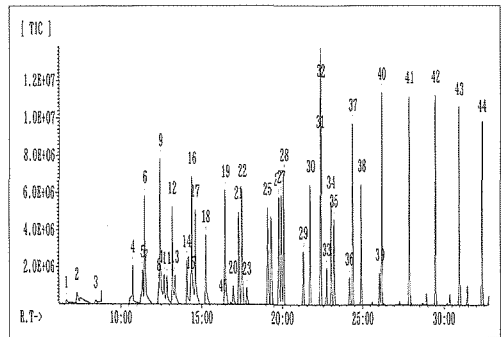
抽出処理



ガスクロマトグラフ質量分析



高速液体クロマトグラフ



検出ピーク

2) 揮発性有機化合物

固相吸着管を用い捕集したVOCを溶媒抽出法(二硫化炭素法)により抽出を行い、ガスクロマトグラフ質量分析装置を用い次の条件で分析する。

使用試験装置 島津製ガスクロマトグラフ質

6-5. 建築基準法に係る性能評価(大臣認定)の概要

建築基準法の改正により、ホルムアルデヒド発散建筑材料の使用制限が義務化され、関

係するJIS規格、JAS規格（日本農林規格）等も改正施行されている。しかし、内装仕上げ材料に使用される国土交通省告示該当品のすべてがJIS又はJAS規格品とは限らないことから、国土交通大臣によりホルムアルデヒドの発散性能を認定する制度が平成15年4月より開始された。

性能評価の対象となるのは、表3に示す対象建築材料である。性能評価の種類はF☆☆、F☆☆☆、F☆☆☆☆の3種類とする。申請に当たっては、各対象建築材料の構造方法(品名、ロット、製造工場等の単位ではない)毎に申請する。試験は、対象建築材料によって異なるが、小形チャンバー法、ガラスデシケーター法、アクリルデシケーター法が認められ

ている。合格基準は、表4に示す通りである。

7. おわりに

室内空気環境を取り巻く状況はここ数年で急速な変化を遂げ、目を見張る勢いで改善されつつある。特に建築基準法が改正されてからのホルムアルデヒドの居室内放散量の激減は、大きな成果の現れである。しかし、有害な化学物質の全てが低減したのではなく、さらなる改善が要求されるものと推測される。私たちは、今後ともシックハウス問題など室内空気環境についての調査研究事業に邁進すると同時に、もっと広い視野を持って環境問題にも取り組み、皆様方のお役に立てるよう努力致します。

表4. 性能評価合格基準値

小形チャンバー法 (対象建築材料すべて対象)	F☆☆	F☆☆☆	F☆☆☆☆
対象建築材料すべてに共通	0.02mg/m ² ・h < 発散速度 ≤ 0.12mg/m ² ・h	0.005mg/m ² ・h < 発散速度 ≤ 0.02mg/m ² ・h	発散速度 ≤ 0.005mg/m ² ・h

デシケーター法 (下記建築材料のみ対象)	F☆☆ 平均値	F☆☆☆ 平均値	F☆☆☆☆ 平均値
合板	0.5mg/lを超え 1.5mg/l以下	0.3mg/lを超え0.5 mg/l以下	0.3mg/l以下
木質系フローリング	最大値 2.1mg/l以下	最大値 2.1mg/l以下	最大値 0.4mg/l以下
構造用パネル			
集成材			
単板積層材			
MDF			
パーティクルボード			
壁紙			0.2mg/l以下
接着剤			0.1mg/l以下
塗料	0.35mg/lを超え1.8 mg/l以下	0.12mg/lを超え0.35 mg/l以下	0.12mg/l以下