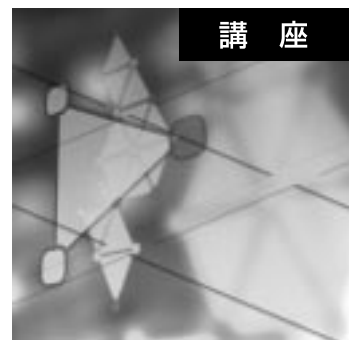


空気質の計測・分析技術(1)

シックハウス問題に関連した空気中の化学物質濃度測定技術

天野健太郎 (株)竹中工務店技術研究所



キーワード: 室内空気質 (Indoor Air Quality), 計測 (Measurement), シックハウス (Sick House), ホルムアルデヒド (Formaldehyde), 揮発性有機化合物 (VOC: Volatile Organic Compounds), チャンバ法 (Chamber Method)

はじめに

近年、室内空気汚染の問題は世界的にとりあげられ、さまざまな分野で研究が進められてきている。建築的にもシックハウス症候群など、空気中の化学物質による健康影響が社会的にも問題となり、住環境の安全・安心へのニーズが高まる中、工務店や建築会社は、顧客に“健康的”で“安心”な室内空気環境を提供するために、設計から建材の選定、内装材に含まれる化学物質の問題など、先の建築基準法の改正もあって、対策に取り組んでいる。

一方、室内でとりあげられる汚染あるいは必要とされる清浄度が向上するに伴い、汚染原因として問題とされる対象も増加しており、また、汚染物質の測定方法も近年著しく進歩している。しかしながら、室内空気質については、そもそも目にみえない空気的安全性をどのようにして確認することができるのか？本稿で取り扱う室内空気質の計測では、室内空気中の化学物質濃度を測定し、室内空気質の状態を測定結果として数値で提示することができる。測定結果は、報告書としてまとめられ、その結果、居住空間の空気質を状態の目安として、“目にみえるカタチ”で確認することができる唯一の手段である。

住環境の安全に対する意識の高まりや、シックハウス対策についての法的規制の強化を受けて、居住者の健康を守る立場から、建築業界全体で室内空気質の計測を積極的に取り入れていく流れは、今後も加速されていくと予想される。そこで、建築分野の技術者が、室内空気汚染を検討する際に、現時点で使用し得る空気質の計測・分析技術の概要をまとめることとする。

1. シックハウス問題の推移

我が国において“シックハウス”あるいは“シックハウス症候群”という言葉は、ここ数十年の間に広く認知されるようになった。シックハウスとは、化学物質による室内空気汚染などにより健康被害の原因となる住宅のことを指すが、このシックハウス問題が浮上した背景として、1990

年代に①省エネルギーの社会的要請から暖冷房負荷を削減するために住宅が気密になり、自然換気量が少なくなってきたこと、②さまざまな化学物質が建材、設備、家具、じゅう器、日用品、防虫・防蟻剤などに使用されるようになったことがあげられる。

シックハウス問題は徐々に波紋を広げ、平成8年に“シックハウス対策に関する質問趣意書”が国会に提出され、とりあげられたのを皮切りに、各方面で対策に向けたさまざまな動きが進んできている。これまでのシックハウス対策関連の動きを表-1にまとめる。主なものを列挙すれば、以下のとおりとなる。

- 1) 厚生労働省シックハウス検討会において、ホルムアルデヒドの室内濃度指針値が平成9年に公表された後、平成14年1月までに一般居室における居住者への健康影響の観点より13物質の室内濃度指針値とTVOC濃度の暫定目標値が定められた(表-2参照)。
- 2) 住宅性能表示基準・評価方法基準が平成12年に制定され、ホルムアルデヒド対策として内装に使用する合板の等級や全般換気対策について表示すべきこと、平成13年には室内空気中の化学物質濃度などの測定値を表示すべきことが定められた。
- 3) シックハウス対策を義務とした建築基準法が平成14年7月に改正され、クロロピリホスを添加した建築材料の全面使用禁止、ホルムアルデヒドを放散する内装建材の使用面積の制限、機械換気設備設置の義務化などが盛り込まれた技術基準の制令・告示が平成15年7月1日より施行された。
- 4) 建築基準法の改正を受けて、平成15年1月に化学物質濃度の測定法に関するJISが制定され、平成15年3月にはホルムアルデヒドに関する規定を盛り込んだ建材関連(内装材、塗料、接着剤、断熱材など)のJISが制定・改正された。また、ホルムアルデヒド放散建築材料については、JIS、JASの統一表記化が告示された。

表-1 シックハウス問題と対策関連の動き

1980年(S55)	住宅の省エネルギー基準告示
1992年(H4)	・住宅の新省エネルギー基準告示(北海道に気密住宅、北東北に気密住宅推奨) シックハウス問題顕在化
1996年(H8)	1) シックハウス症候群に関して衆議院で質問趣意書 2) “健康住宅研究会(建設省ほか)1997年まで設計・施工ガイドライン、ユーザーズ・マニュアル(1998年)
1997年(H9)	1) COP(気候変動枠組条約締約国会議)京都会議 2) ホルムアルデヒド濃度指針値公表(厚生省) 3) “健康的な居住環境形成技術の開発(建設省ほか)1999年までユーザーズガイド、設計施工ガイド、現場測定法(2000年)
1998年(H10)	“室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境の開発”(建築学会、科学技術庁から委託)2000年まで
1999年(H11)	住宅の次世代省エネルギー基準告示(全国に気密住宅)
2000年(H12)	1) “室内空気対策研究会(建設省ほか)2002年まで 2) JAS(日本農林規格)ホルムアルデヒド放散量の規格改正(農林水産省) 3) トルエン、クロルピリホスなど7物質の濃度指針値とTVOCの暫定目標値公表(厚生労働省) 4) 住宅の品質確保の促進等に関する法律(1999年)に基づいた日本住宅性能基準、評価方法基準告示(建設省)
2001年(H13)	1) “シックハウス対策技術の開発(総プロ・国土交通省)2003年まで 2) テトラデカンなど3物質の濃度指針値公表(厚生労働省) 3) 日本住宅性能基準、評価方法基準一部変更(室内空気中の化学物質の濃度などの測定追加)(国土交通省)
2002年(H14)	1) アセトアルデヒドなど2物質の濃度指針値公表(厚生労働省) 2) 社会資本審議会答申 シックハウス対策として建築基準法の改正(国土交通省)
2003年(H15)	1) 建材関連、建築材料からの放散量測定法のJIS制定(経済産業省) 2) ビル管法(建築物衛生法)改正(厚生労働省) 3) 改正建築基準法施行(国土交通省)
2004年(H16)	1) 改正品確法(住宅性能表示)施行(国土交通省) 2) 学校環境衛生の基準改正(文部科学省)
2005年(H17)	ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に関する設計・施工等規準・解説発表刊(日本建築学会)

これらシックハウス問題に対する行政の対応は異例の早さといえるが、それだけ事態は深刻であり、社会的緊急性が高く求められていることを示している。また、シックハウス対策は住宅のみならず、オフィスビル、学校など、人が長時間滞在する施設は、すべて対象とすべきで、安心して健康で快適な生活ができるような環境の確保が求められている。

表-2 室内化学物質濃度指針値(厚生労働省)

揮発性有機化合物	室内濃度指針値(25換算)
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppm)
キシレン	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20 ppm)
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
エチルベンゼン	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88 ppm)
スチレン	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
クロルピリオス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) ただし小児の場合は、0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007 ppb)
フタル酸ジ n ブチル	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppm)
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.041 ppm)
フタル酸ジ 2 エチルヘキシル	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6 ppb)
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppb)
ノナール	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.0 ppb)
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 ppb)
フェルカノブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8 ppb)
総揮発性有機化合物(TVOC)	暫定目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

厚生労働省により指針値が策定された13物質のうち、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドならびにトルエンについては、指針値を超過する可能性が高く、計測にあつては特に注意が必要となる。

なお、多くの新建築物では使用が禁止されているクロルピリホス、ならびにダイアジノン、フェノルカルブといった主に殺虫剤に使用される成分は検出されないか、もしくは検出されても指針値を超える可能性は低いが、パラジクロロベンゼンについては、衣類用の防虫剤の主成分であり、入居後の居住者の持ち込みによって、高濃度で検出される場合もある。フタル酸ジ n ブチルとフタル酸ジ 2 エチルヘキシルは、壁紙やビニルカーペットなどの可塑性剤として添加されるフタル酸エステル類であるが、いずれも沸点が高く、難揮発性であるため、常温下では指針値を超える可能性は少ない。また、室内で検出する揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds: 以下、VOC)のうち、ガスクロマトグラフィで分析した結果から n ヘキサンから n ヘキサデカンまでの沸点範囲に含まれる物質を合算し、総揮発性有機化合物(以下、TVOC)として暫定目標値を400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。この数値は、国内家屋の室内VOC実態調査の結果から、ある仮定に基づいて、合理的に達成可能な限り低い範囲で決定した値であり、室内空気質の状態の目安として利用される¹⁾。TVOC暫定目標値は、毒性学的知見から決定したものではないことから、個別のVOC指針値とは独立に扱われなければならないが、将来リスク評価に基づくTVOCの指針値が設定された場合には、個別VOC濃度とTVOC濃度の双方がそれぞれの指針値を満たしていないと、その空気質は安全であるとはいえない。したがって、関係者においては、暫定目標値が将来指針値として設定し直されたときのことを今から念

頭におくと同時に、その間、暫定目標値を室内空気質の状態をモニタリングする際の目安として、是非とも快適で安全な室内空間の確保を目指して一層の努力を行う必要がある。

2. 法規制の現状と濃度測定の対象物質

室内空気質にかかわる法規制は、仕様規定と性能規定に大別され、前述の改正建築基準法におけるシックハウス対策は、建築材料・換気設備にかかわる仕様規定であり、空気質の計測・評価を伴う性能規定ではない。2007年4月時点で、ホルムアルデヒドやVOCの濃度計測が記述されている法律・基準類は、住宅品確法(国土交通省)、建築物衛生法(厚生労働省)および学校環境衛生の基準(文部科学省)の三つが主なものである。これら三つの国内法規制について、空気質の対象物質と計測法(試料の採取方法(以下、サンプリング)および分析方法)を表-3に整理した。

“住宅の品質確保の促進等に関する法律(品確法)に基づく住宅性能表示制度”では、濃度の計測値を表示する場合、ホルムアルデヒドは必須項目、トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレンは選択項目となっている。アセトアルデヒドについては、厚生労働省の設定した指針値(48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)と世界保健機構(WHO)が設定した基準(300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)が異なっていたため、建設業界を中心に混乱があり、現時点で品確法の評価対象物質より一端除外されているが、最新の見解では、厚生労働省の指針値は、現時点で“入手可能な毒性に係わる知見”より正しく算定された値であることが確認されており⁷⁾、指針値の変更はないため、汚染被害の状況によっては、再度、評価対象物質に組み込まれる可能性がある。

2003年4月1日に施行された“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(建築物衛生法)”では、室内空気中のホルムアルデヒド濃度を計測・管理することが新たに追加されている。なお、測定方法は後述するアクティブサンプリング法が指定されている。特に注意したい点は、測定時期が、建物使用開始日以後最初に訪れる6/1~9/30までの期間と限定されており、また施設管理者が実施するという規定となっているため、事前の確認調整が不可欠となる。

文部科学省は、2002年2月に“学校環境衛生の基準”を改訂し、建物の新築・改修時の“臨時環境衛生検査”と、毎年1回行う“定期環境衛生検査”における室内空気質の計測項目・計測方法を追加した。“臨時環境検査項目”では、当初“新築・改築・改修などを行った際には、ホルムアルデヒドおよびVOCの濃度が基準値以下であることを確認したうえで引き渡しを受けるものとする。”となっていたが、平成14年5月21日発行の通知で、“引き渡し前の検

査において基準値を超えた場合の措置についても取り決めておき、濃度測定は換装期間を十分確保したうえで行うなど、適切な対応に配慮する”旨が示達された。計測対象物質は、ホルムアルデヒド、トルエンが不可欠、キシレン、パラジクロロベンゼンは必要に応じて実施することになった。

以上のように、濃度計測が記述されている法律・基準類については、それぞれ対象化学物質や測定方法が異なるため、注意が必要である。また、これらの国の基準やガイドラインだけでは、カバーしきれない面が少なくなく、建設や設計の現場にはかなりの混乱がみられている。このような状況を顧みて、日本建築学会では、2005年にホルムアルデヒド汚染に関する学会規準(アカデミックスタンダード)⁸⁾を提案しており、アセトアルデヒド、トルエン、TVOCについても検討を行っているので、動向を追って参考にされたい。

3. 一般居室の空気質の測定

測定方法には、試料のサンプリングや分析方法によってさまざまな種類に分けられる。

(1) 測定方法の分類

試料空気サンプリング方法には幾つかあるが、代表的なものとしてアクティブサンプリング法とパッシブサンプリング法がある。アクティブサンプリング法は、技術者による作業が必要で、ポンプなどの専用の測定器材を現地に持ち込んで捕集剤に試料空気を採取する(図-1、写真-1参照)。パッシブサンプリング法は、空気中の化学物質を吸着捕集するパッチ型やチューブ型のパッシブサンプラを用い、室内につり下げて自然拡散により汚染物質を吸着捕集する方法である(写真-2参照)。計算により相当空気量を求めるので、アクティブ法に比べ若干測定精度が劣るが、長時間(8~24時間など)の平均値を求めたい場合には有用である。また、大がかりな装置は必要としないため、手軽に行えるが、法規によっては認められていないため注意が必要となる。

分析のタイミングによる分類では、①簡易測定法(直接現場で濃度を知る方法)、②精密測定法(現場で試料を採取し、これを持ち帰って、後で分析する方法)といった2種類に分けられる。引き渡し時などに施主の立ち会いのもとで計測し、その場で測定値を知りたい場合には①の方法を選ぶ必要がある。各法規の中では、アクティブサンプリング法を“精密測定法”、パッシブサンプリング法を“簡易測定法”と分類することがあるが、ここでは“精密測定法”にアクティブサンプリング・パッシブサンプリング両者を含み、センサなど簡易機器を用いた方法を“簡易測定法”として、以下に概説する。

表-3 各法令・規準と濃度測定の対象物質(武廣ら(2003)がまとめたものを一部改訂)^{2)・6)}

法令・基準など		住宅品確法	建築物衛生法	学校環境衛生の基準
正式名称		住宅の品質確保の促進等に関する法律	建築物における衛生的環境の確保に関する法律	
改正施行日(施行開始の条件)		2003.4.1(同日以降表示申請)	2003.4.1(同日以降竣工)	2002.4.1(同日以降契約)
所轄官庁		国土交通省住宅局	厚生労働省健康局	文部科学省体育局
対象建物		住宅 (住宅性能表示に基づき濃度測定を実施する場合)	3000 m ² 以上の興行場・百貨店・集会場・図書館・博物館・美術館・遊技場・店舗・事務所・学校教育法「学校」以外の学校/研修所・旅館, 8000 m ² 以上の「学校」	国, 地方公共団体, 学校法人の設置する小, 中, 高校, 中等教育学校, 大学, 高専, 盲学校, 聾学校, 幼稚園, 専修学校
化学物質に関する規定		性能表示「濃度」(選択制)	濃度測定	濃度測定
対象化学物質	ホルムアルデヒド	必須	必須	必須
	トルエン	選択	対象外	必須
	キシレン	選択	対象外	選択
	パラジクロロベンゼン	対象外	対象外	選択
	エチルベンゼン	選択	対象外	選択
	スチレン	選択	対象外	選択
サンプリング方法	サンプリング実施時期		使用開始日以後に最初に訪れる6/1~9/30までの間に測定	定期環境衛生検査: 毎学年1回 臨時環境衛生検査: 学校用備品の搬入, 新築・改築・改修時
	場所	濃度の表示を行おうとするすべての居室	各階ごとの任意の居室	普通教室, 音楽室, 図工室, コンピュータ教室, 体育館など必要と認める教室
	時間帯	午後2~3時を中央とする時間帯(24時間サンプリングの場合は除く)	通常の使用時間帯	授業を行う時間帯
	位置	居室中央部の床上1.2~1.5m	居室中央部の床上0.75~1.50mの高さ	定期環境衛生検査: 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。 臨時環境衛生検査: 机上の高さ
	サンプリング方法・時間	アクティブ: 30分間×同時にまたは連続して2回 パッシブ: 2~24時間	アクティブ: 30分間	アクティブ: 30分間×2回 パッシブ: 8時間以上
捕集剤・分析法	ホルムアルデヒド	DNPH捕集/HPLC分析	DNPH捕集/HPLC分析, AHMT法, または厚生労働大臣指定測定器	DNPH捕集/HPLC分析
	VOC	固相吸着/溶媒抽出, 固相吸着/加熱脱着, 容器採取のいずれかで, GC・GCMS分析		固相吸着/溶媒抽出, 固相吸着/加熱脱着, 容器採取のいずれかで, GC・GCMS分析

2004年4月品確法・住宅性能表示よりアセトアルデヒドの項目が削除

(2) 簡易測定法

簡易測定法には, 検知剤を充てんしたガラス管に室内空気を通過させ, 色の变化で濃度を判別する検知管法や電気化学的原理を用いた各種センサ技術(定電位電解法, 吸光度法, 化学発光法など)を用いた簡易測定器がある。

検知管法は, 採取装置(ポンプ)で検知管に吸着捕集し, 検知管の着色具合をみて, 濃度を判断する。取扱いが簡便で, メンテナンスの不要などがメリットとしてあげられる。その一方, 干渉ガスの影響があり, 読みとり誤差が大

きいなどの欠点がある。測定できる物質として, ホルムアルデヒド, トルエン, パラジクロロベンゼンなどがある。

簡易測定器には, 電池などで動くハンディタイプのものがあり, 装置が比較的小型で, 持ち運びやすく, かつ操作が簡便で, 現場ですぐに測定値が得られるものである。とりわけフィールドにおいて有用で, スクリーニングテストや日常的な環境監視において有用である。一方で, 測定精度に関しては機器によりばらつきがあり一概にはいえないが, 干渉ガスの影響は否定できない。よって, 濃度のおお

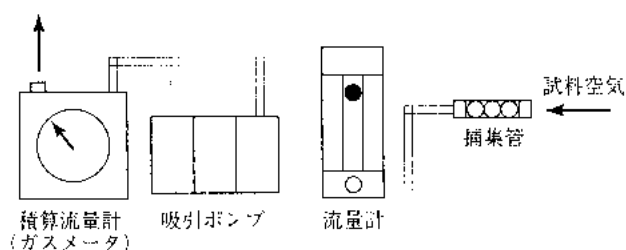


図-1 アクティブサンプリングに用いる装置の概要

まかな概略値を知るための方法と考えたほうがよく、結果の取扱いには注意が必要である。また、測定精度を担保するためには標準ガスによる校正が欠かせない。現在、ホルムアルデヒドやTVOCを対象とした計測機器が市販されており、高感度のセンサ開発によって、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ オーダでの計測が可能な機種も登場している。今後は、さらに測定精度・感度の高い簡易測定器や化学物質の分離定性の機能を有する製品が開発されることに期待がかかる。

(3) 精密測定法

精密測定法は、特殊な捕集管に室内の試料空気を捕集した後、高度な化学分析器を用いて定性・定量を行う方法である。

ホルムアルデヒドやアセトアルデヒドといったカルボニル化合物については、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン溶液含浸捕集剤（以下、DNPHカートリッジ）を用いて、試料空気を固体捕集し、実験室にてアセトニトリル溶媒に抽出し、抽出液を高速液体クロマトグラフィ（以下、HPLC）で定量分析を行うのが主流となっている。アルデヒド類は極性が高く、特にホルムアルデヒドは極性・反応性に富む物質のため、DNPHで誘導化させ、安定な化合物に変換した後分析を行う。なお、DNPHは空気中にオゾンが存在すると、オゾンがヒドラジン誘導体を分解し、真値より低めの値を示すので、特に外気での捕集時には必ずオゾンスクラバを用いる。

トルエンなどのVOCは、固体捕集と容器採取（キャニスタ）の2種類のサンプリング方法があるが、一般に容器捕集は高価であり、高濃度の場合、容器内の洗浄が困難となるなどの理由から、ポリマービーズ（Tenax）や活性炭などを捕集剤として用いる固体捕集が比較的多く使われる。試料空気の捕集後、Tenaxは加熱脱着、活性炭の場合は溶媒抽出で、捕集剤から吸着している化学物質を分析機器へ導入し、定量を行う。化学分析機器は、ガスクロマトグラフ質量分析計（以下、GC/MS）とガスクロマトグラフ 水素炎イオン化検出法（GC/FID）が使用されるが、定性能力が高いGC/MSが使用されることが多い。加熱脱着は捕集剤を急速に加熱することによって吸着している化学物質を脱着させ、分析機器に導入して分析する。短所として再分析を行うことができないため、高濃度が想定される場合

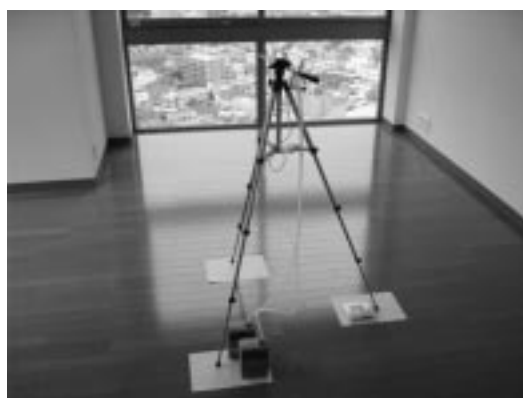


写真-1 アクティブサンプリングの様子



写真-2 パッシブサンプリングの様子

は、分析機器の出力が飽和するおそれもあるので、Tenax管への吸引量を二水準に設定して採取するか、もしくは、加熱脱着時にスプリットをかけて分析機器への導入量を減らすなどの方法を用いなければならない。一方、活性炭は二硫化炭素を用いて抽出し、その抽出液を分析機器に導入するため、濃度が高い場合には分析機器への導入量の調整や再分析が可能などの長所がある。しかし、短所として抽出液の影響を受け、汚染や検出感度が悪くなる。なお、指針物質は、指針物質ごとの標準液で検量線を作成し定量する。指針物質に該当しない物質や成分名が特定できない未同定物質は、トルエンの検量線を用いてトルエンと仮定して定量するトルエン換算法が用いられる。

フタル酸ジ n ブチルなどのSVOCも基本的には、試料空気を捕集剤に固体吸着し、加熱脱着もしくは溶媒抽出とGC/MSの組合せにより分析を行うが、気中濃度が非常に小さく、大きな捕集量が必要であり、室内表面への吸着が無視できない。このことから、化学物質濃度の過小評価が行われたいよう配慮する必要がある。

(4) サンプリング方法

計測を実施するにあたっては、どのような環境条件の下で試料空気を採取するかを見極めることが重要である。そのため、現場測定の条件として、日時、気温、湿度、測定

中ならびに測定前の換気状態などを、記録しておく必要がある。一般に、化学物質の放散量は気温などの条件により変動し、室内の濃度は当然のことながら換気の影響を受けるため、同じ居室でも、条件が異なれば測定値は異なるためである。

試料空気採取の手順として、図-2に、一般建築物や学校における標準的なサンプリング方法を示す。初め、厚生労働省標準方法における一般建築物を対象とした場合、対象家屋の窓、扉、建具、造り付け家具の扉などの開口部を開放したうえで、換気を30分間行う。その後、外気に面した窓および扉などの開口部を閉鎖し、常時換気システムがある場合には稼働させ、その状態を5時間以上維持する。その後、室内空気を30分間吸引し、空気中の化学物質を捕集管などに捕集する。捕集したサンプルは、持ち帰り、化学分析を行う。また、居住住宅を想定した場合のサンプリングは、通常的生活状態を想定して24時間サンプリングを行う。学校を対象とした場合、“学校環境衛生の基準”では、パッシブサンブラを用いたサンプリングが認められている。サンプリング方法は、図-2に示すように通常の授業を行う時間を想定して実施する。ビル管法で定められたホルムアルデヒドのサンプリング方法は、計測実施場所は各階ごとの任意の居室、時間帯は通常のビルの使用時間、サンプリング時間は30分間となっており、パッシブサンブラによる方法は認められていない。

4. 建材からの化学物質放散量測定

室内空気汚染への影響の少ない材料を開発、使用していくためには、建材・施工材の材料から空気中に放散される化学物質の放散量を正確に把握する必要がある。また、材料からの放散量の履歴を確認することで、施工後の空間の濃度予測を行うことも可能となる。ホルムアルデヒドについては、従来、デシケータ法(JIS A 1460およびJAS)によって、一部建材については放散等級が定められていたが、建築基準法の改正を受けて、発散材料等級が、JAS、JISにて、放散速度を基準値として規格が改訂されている。ホルムアルデヒドの放散速度が $0.02 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 超、 $0.12 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 以下の建材をF₁、さらに上位等級をF₂($0.005 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 超、 $0.02 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 以下)、最上位等級F₃

($0.005 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 以下)とし、等級によって使用面積の制限がある。試験法としては、2003年に図-3に示すように、小形チャンバによる建材からの化学物質発散速度の測定がJISに定められた(JIS A 1901)。20~1000 lのステンレス製チャンバに規定の建材サンプルを入れて、チャンバ容積に対して0.5回/時間の割合で清浄空気を流入し、建材表面から発散する化学物質を小形チャンバの排出口から捕集分析する(図-3、写真-4参照)。なお、化学物質の

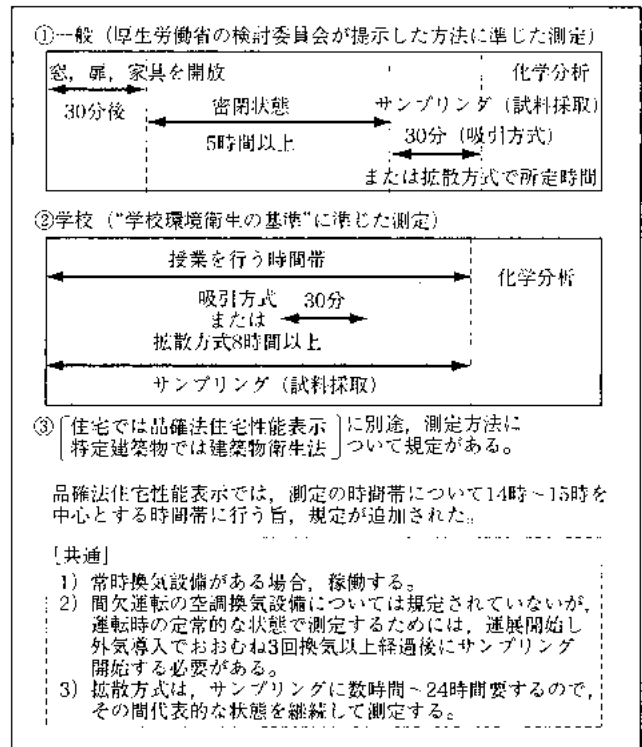


図-2 サンプリングのスケジュール

放散速度は温度上昇とともに増加することから、安全側をみて、夏期において、窓が閉鎖され冷房されている状態を想定して、試験条件として、チャンバ内の温度は 28 ± 1 、湿度は $50 \pm 5\%$ の条件に維持するのが望ましい。この方法で小形チャンバ濃度、換気量および試験片の表面積から、試験対象となる建築材料の特定の経過時間における単位面積あたりの化学物質の発散速度を求めて、建材の使用面積から室内の濃度を予測することができるようになった。小形チャンバ法での測定では、実際の室内の条件と同じ結果が得られるように留意すべきである。しかし、同じ試験片を用いても、チャンバの大きさ、形状や測定条件などによって、測定結果は異なる場合も考えられる。したがって、測定までの試験片の養生の仕方、測定時の温度・湿度、対流熱伝達率(物質伝達率)、換気回数、試料負荷率(試験片の表面積に対するチャンバ容積の比率)などの測定条件については明確化し、測定する必要がある。

また、ステンレス製で椀状のチャンバを実際の建物の床や壁面に被せて、その面から発生する化学物質を測定する方法(小形セル法)もある(写真-4参照)。これにより、現場の各部位から発生する化学物質を把握することができ、発生源の特定が可能となった。

家具や事務機器などから発生する化学物質の放散量を測定する大形チャンバ法(写真-5参照)の研究も進んでおり、今年度中にもJISで規定される予定である。

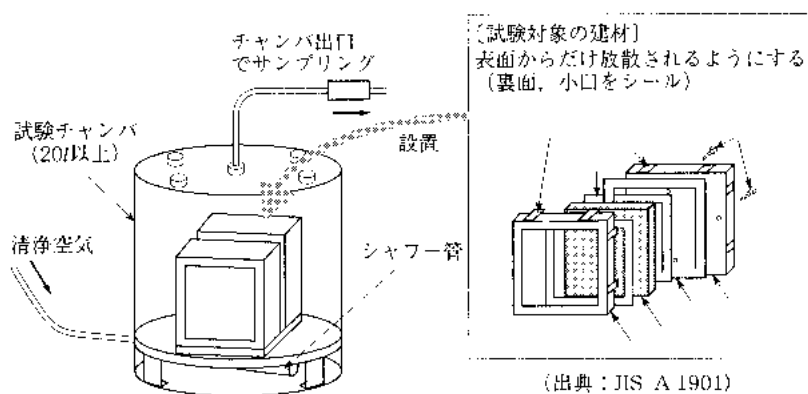


図-3 建築材料から放散する化学物質の測定方法(小形チャンバ法)



写真-3 小形チャンバ



写真-4 小形セル

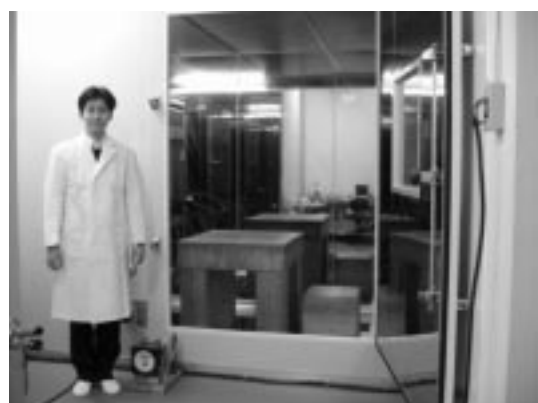


写真-5 大形チャンバ

おわりに

本稿では、シックハウス問題に関連した室内空気中の化学物質の精密な測定・分析方法から簡易測定法、建材からの化学物質放散量の測定方法にいたるまで、シックハウス問題の推移や法規制にも触れながら、各々の特徴について解説を試みた。

化学物質濃度の測定を現場で実際に行っているのは、建築業者や工務店、不動産業者や学校関係者など、日頃は環境測定や化学分析には馴染みのない人々も多いと思われる。身近な環境を知るといふ行為が専門外の人々にも広がりを見せているといえる一方で、化学物質の分析には、専門の知識・技術を必要とする部分も多いため、実際にはハードルも高い。精密測定法は、精度や感度の面において優れているが、一方でコストが高く、結果取得までに時間がかかるという欠点がある。現場の測定では、広範囲かつ迅速に測定結果を判定したいというニーズがあり、今後は一般の人々にも利用可能な操作性を有し、かつ信頼ある精度を有する簡易測定法の開発がよりいっそう求められていくと思われる。

最近のシックハウス対策をめぐる問題点としては、計測調査結果では指針値策定物質の濃度が低いにもかかわらず、在室者が症状を訴えるケースの報告例が増えていることがあげられる。厚生労働省の指針値は健康な人が一生にわたって曝されても問題にはならないという値であり、一度、シックハウス症候群や化学物質過敏症を罹った人には適用できないため、これらの化学物質不耐性の患者が利用する室内の汚染濃度はどこまでが許容されるかということはこの問題の一つの側面ではあるが、一方で、指針値策定物質については、含有量が減り、濃度が下がってきていても、そうでない(指針値対象外)の代替物質が使用され、室内において発生し、健康被害を引き起こしている可能性も否めない。個々の物質による汚染を削減するだけではなく、全体として汚染を低減させていく方向性が重要である。計測・分析においても、このような新たな汚染物質

の微量濃度と症状との関係を解明していくために、より感度・精度が高く、また広範な物質を対象とした測定技術が必要となっている。

参 考 文 献

- 1) シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書 第1回～第3回, 第4回～第5回, 第6回～第7回, 第8回～第9回のまとめについて
- 2) 武廣絵里子・荒井良延: はかる 計・測・量 (3) 環境をはかる 室内空気質, 空気調和・衛生工学, 77 11(2003 11), pp.53～61
- 3) 快適で健康的な住宅に関する検討会議住宅関連基準策定部会化学物質小委員会報告書(1997 6)
- 4) 厚生労働省: 建築物衛生法関連政省令改正の概要 (http://www.mhlw.go.jp/topics/2002/12/tp1218_2a.html)
- 5) 国土交通省住宅局建築指導課: 建築物のシックハウス対策マニュアル(2003), 工学図書
- 6) 文部省: “学校環境衛生の基準”の改訂について(http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/14/02/020202.htm)
- 7) 池田耕一: シックハウスにおける問題と現状, クリーンテクノロジー, 16 6, pp.1～4
- 8) ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に関する設計・施工等規準・同解説(AIJES A 001 2005): 日本建築学会(2005)
- 9) 村上周三・田辺新一ほか: JIS 使い方シリーズ シックハウス対策に役立つ小型チャンバー法解説[JIS A 1901], 日本規格協会
- 10) 天野健太郎: シックハウスにおける問題と現状の対策, クリーンテクノロジー, 16 6, pp.13～17

(2007/5/22 原稿受理)



天野健太郎 あまのけんたろう
昭和50年生まれ/出身地 宮城県/最終学歴 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻/学位 工学博士