

与毒性に関する知見から、コリンエステラーゼ (ChE) 活性阻害をはじめとする各種異常を認めないと判断される無毒性量を基に算出し、室内濃度指針値を $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb) と設定している。

⑮ TVOC (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関わらず、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⁾。

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

(1) はじめに

前節においては、各種化学物質の健康影響について説明したが、それらの内、厚生労働省によってガイドライン値が設定されているものについて以下に簡単に開設を行う。

2. ガイドラインの設定されている化学物質とそのガイドライン値

①ホルムアルデヒド

前節でも述べたとおり、1997年6月厚生省は、快適で健康的な住宅に関する検討会嵩の小委員会の検討結果を受けて、ホルムアルデヒドに関する住宅におけるガイドライン値を、WHOの同じ臭いの閾値に基づく値、100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (常温で0.08ppm、30分平均) とすることを決定した。このガイドラインはわが国における住宅の空気環境に関する最初のものであり、画期的な出来事であった。この決定の影響は大きく、それ以後わが国の新築住宅室内のホルムアルデヒド濃度は激減したと言っても過言ではない。

②トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン

2000年6月厚生省は3年前のホルムアルデヒドに続いて表記3物質についてのガイドライン値を決定した。また、同時にホルムアルデヒドのガイドラインを設定したときには何も規定していなかった測定法や、サンプリングの方法などについても詳細な規定をした。

③エチルベンゼン、スチレン、クロルピリホス、フタル酸ジブチル、TVOC

2000年9月厚生省は3ヶ月前のVOC、3物質に続いて、下記4物質とTVOCについてのガイドライン値を決定した。このときのガイドライン設定に関する特筆すべき事項は、TVOCに関し、「暫定値」という表現ながら、ガイドライン値を設定したことである、これは、本来であるならば・ガイドラインのようなものは、確固たる医学的根拠に基づく研究成果に基づいて決定されるべきであるが、VOCのように、数百種類にも及ぶ複雑な特性を有する化学物質全てについてその様なガイドライン値を設定することは事実上不可能である。従って、次善の策として居住環境に比較的多く存在し、かつ健康影響が解明されている物質についてのみガイドライン値を設定するという方法である。これが現在とられている方法であるが、この方法だけでは、規制にかかった物質の室内空気中の濃度は低減するが、それ以外のかえって増加すると言った弊害を呼びがちである。実際、ホルムアルデヒドに関するガイドライン値設定後、住宅室内におけるホルムアルデヒド濃度は減っている反面、それと似た性質を有するにもかかわらずガイドライン値の設定されていないアセトアルデヒドの濃度が増えているという状況である。この様なことを防ぐためには、個別のVOCだけの規制に加え、VOC全体としての規制が重要となってくる。即ちTVOCとしてのガイドラインの確立が必要となってきた。しかしながら、個別の物質の健康影響でさえ十分に調べられていない現状で、確固たる医学的に基づくTVOCの健康影響などと言うものが確立されるのはいつになるか全く見通しがたない。一方、健康影響がある程度分かっている物質についても、ヒトのを示さない最小量などと言ったかなり重篤な影響に基づくものがほとんどで、論理的に言えば、厚生労働省のガイドライン値を守っていれば・生殖発生への異常とか、生殖器の異常形態を示さないと言うだけであり、もう少し軽い影響、例えば、頭痛がするとか倦怠感を感じると言った程度の症状が起きないとか、室内の空気に不快感を感じないと言ったことが保証されるものではない。従って、必ずしも厳密な意味での健康影響のみに基づいて健康で快適な空気環境実現のためのガイドラインを作ろうとしてもいつになったら可能となるのか明確ではないことになる。そこで、健康影響以外にその根拠を求める方法がないかを探ることとなるが、このたびの厚生省のガイドラインは、まさにその様な試みの先駆け的試行であったと言える。

室内空気汚染物質のガイドライン(厚生労働省公表、2000.12.15)

揮発性有機化合物	毒性指標	室内濃度暫定値*
ホルムアルデヒド	ヒト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	妊娠ラット暴露における出生児の中枢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	マウス及びラット暴露における肝臓及び腎臓への影響	3 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)
スチレン	ラット暴露における脳や肝臓への影響	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)
クロルピリホス	母ラット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) ただし小児の場合は、 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル	母ラット暴露における新生児の生殖腺の構造異常等の影響	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)

* 両単位の換算は、25℃の場合による

なお、厚生労働省は上記の諸物質に続き、半年に4から5物質程度の割合で、新しいガイドラインを確定していく方針であり、2001年の7月にはテトラデカン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、ダイアジノン、ノナナールについて、さらには10月にはアセトアルデヒドとフェノカルブのガイドラインを発表した。最終的には、40から50程度の物質についてガイドラインが設定される予定である。

7月に発表されたガイドライン

揮発性有機化合物	健康影響	室内濃度指針値
テトラデカン	ラットにおける経口曝露知見による肝臓への影響	$330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.041ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	雄ラットの経口投与による精巣への影響	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb)
ダイアジノン	ラットの吸入曝露毒性に関する知見による血漿およ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)
ノナナール	ラットへの経口曝露による毒性学的影響	$41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.0ppb)

10月に出されたガイドライン

化学物質	健康影響	室内濃度指針値
アセトアルデヒド	ラットに対する経気道曝露悲観する知見から、鼻腔嗅覚上皮に影響を及ぼさない無毒性量。	$48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30ppb)
フェルカノブ	ラットに対する経口混餌反復投与毒性に関する知見から、コリンエステラーゼ活性阻害をはじめとする各種異常を認めにとされる無毒性量。	$33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)

1.3 測定法の現状

松村年郎（国立医薬品食品衛生研究所）

(1)ホルムアルデヒド

空気中のホルムアルデヒドの測定法に関しては種々の原理に基づいた方法が報告されているが、ISO及びEPAを含め最近の傾向としては高速液体クロマトグラフ法（HPLC法）が世界の潮流である。一方、我が国でも勿論、HPLC法がJIS原案でも採用されており、HPLCの普及率の観点からもその妥当性は容認できる。しかし、4-アミノ-3-ヒドラジノ-5-メルカプト-1,2,4-トリアゾール（AHMT）法も我が国では使用されている。そこで、本項ではDNPHカートリッジ捕集・溶媒抽出-HPLC法及び吸収液捕集-AHMT吸光光度法について、その概要を述べる。

(a) DNPH カートリッジ捕集・溶媒抽出-HPLC 法

DNPH カートリッジに毎分0.5-1L程度で任意の時間試料空気を採取する。採取後、カートリッジにアセトニトリル5mLを流し、ヒドラゾン誘導体を溶出する。5mLにアセトニトリルでメスアップ、混合後、その20 μ LをHPLCに導入し分析を行う。

本法はオゾンや高濃度NO₂が存在すると妨害を受ける。その際はスクラバー等を装着し妨害を除去する必要がある。

①試薬

アセトニトリル : 高速液体クロマトグラフ用のアセトニトリルを用いる。

水 : 蒸留水を超純水製造装置を用いて精製したもの。

ホルムアルデヒド標準原液 : 市販の2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン70.0mgを秤り、アセトニトリルに溶かし、100mL全量フラスコに移し、アセトニトリルで標線に合わせ、これを標準原液とする。(1mL=100 μ gHCHO)

ホルムアルデヒド標準溶液 : ホルムアルデヒド標準原液10mLを100mL全量フラスコにとり、アセトニトリルで標線に合わせる。これを標準溶液とする。(1mL=10 μ gHCHO)

②器具及び装置

DNPH 捕集管 : 市販のDNPH捕集管を用いる。

流量計 : 100～1000mL/minの範囲の流量が測定できるもの。

ポンプ : 100～2000mL/minの流量が確保できるもの。

ガスメータ : 湿式ガスメータ（1回転1L）

マイクロシリンジ : 目盛り範囲0～100 μ Lのもの。

温度・湿度連続測定器 : 24時間連続モニターできるもの。

保存用バイアル : 容量2mLの共栓付きのもの。

高速液体クロマトグラフ : 検出器は紫外線吸光光度検出器（360nm）、カラムは内径3～5mm、長さ15～25cmのステンレス製、充填剤はオクタデシル基（ODS）をシリカゲルに化学結合させたもの。粒径は5～10 μ m。又はこれと同等のもの。

測定条件の一例として：移動層はアセトニトリル：水（6：4）、移動層流量は1mL/min、カラム温度は40℃、試料導入量20 μ L。

③試料採取方法

・新築住宅の場合

DNPH捕集管のキャップをはずし、図-1.3.1の如く接続する。試料空気は1L/minの流速で30分間採取する（2回採取する）。試料採取後は捕集管を密栓し、アルミ製の保存袋に入れチャックをした後、活性炭入りの容器に入れ試験室に持ち帰る。持ち帰った容器は分析時まで冷暗所（4℃）に保管する。なお、室内外にオゾンの発生やその存在が懸念される場合は、捕集管の前にオゾンスクラバーを取り付けてオゾンを除去する必要がある。同時に外気も同様に採取する。図-1.3.2に外気の試料採取装置の一例を示す。

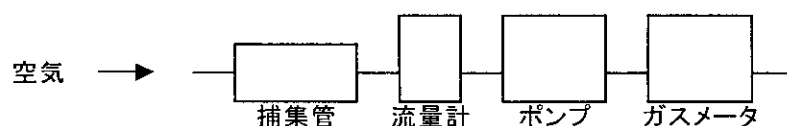


図-1.3.1 室内空気中のホルムアルデヒド（新築住宅）の採取装置の一例

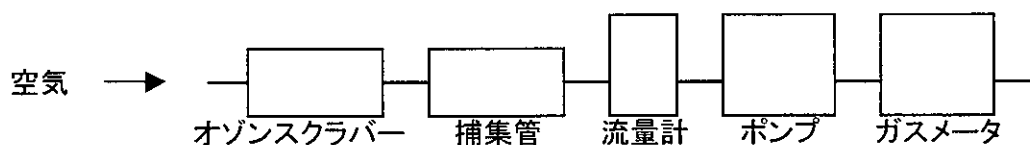


図-1.3.2 外気中のホルムアルデヒドの採取装置の一例

備考：直ちに抽出操作ができない時は、捕集管を冷暗所(4℃)に保管すれば1週間程度は保存可能である。抽出液で保存すれば約3週間保存可能である。

備考：オゾンスクラバーを使用する時は湿度を考慮する。具体的にはスクラバー部分を室温よりやや高めに保温し、水分の凝縮を防ぐ。

備考：外気試料の採取時に気温が10℃以下になった場合、捕集管の部分を10℃以上に保温する。

・居住住宅の場合（日常生活）

DNPH 捕集管のキャップをはずし、図-1.3.3の如く接続する。試料空気は0.1L/minの流速で24時間採取する。外気も同条件で行う。以下の操作は新築住宅と同じ。



図-1.3.3 室内空気中のホルムアルデヒド（日常生活）の採取装置の一例

④試験溶液の調製

・新築住宅の場合

試料採取の終わった捕集管に注射筒(10mL)を接続し、この注射筒にアセトニトリルを入れ、毎分1mL程度の流速でアセトニトリルを滴下しヒドラゾンを溶出する。溶出液を5mLの全量フラスコ又は5mLの目盛り付き試験管に受ける。アセトニトリルで標線に合わせる。これを分析用試料溶液とする。

・居住住宅の場合（日常生活）

試料採取の終わった捕集管（第1管及び第2管）にそれぞれ注射筒を装着し、この注射筒にアセトニトリル5mLを入れ、毎分1mL程度の流速でアセトニトリルを滴下しヒドラゾンを溶出する。溶出液は5mLの全量フラスコ又は目盛り付き試験管にそれぞれ受ける。次に、第1管目の場合は溶出液の中から1mLを分取し、5mLの全量フラスコ又は目盛り付き試験管に入れアセトニトリルで標線に合わせる。一方、第2管目の場合はアセトニトリルで標線に合わせる。これらを分析用試料溶液とする。

・外気の場合

試料採取の終わった捕集管（第1管及び第2管）に注射筒を装着し、この注射筒にアセトニトリル5mLを入れ、毎分1mL程度の流速でアセトニトリルを滴下しヒドラゾンを溶出する。溶出液は5mLの全量フラスコ又は目盛り付き試験管に受ける。アセトニトリルで標線に合わせる。これを分析用試料溶液とする。

⑤分析操作

・分析用試料溶液の測定

④で調製した試料溶液をマイクロシリッジにより25μL取り、HPLCに導入しクロマトグラムを記録する。ホルムアルデヒドの保持時間のピーク面積又はピーク高さを求める。あらかじめ作成しておいた検量線からホルムアルデヒドの重量が求まる。

・操作ブランク

未使用のDNPH捕集管について、(a)-4の新築住宅の試験操作を行い、得られた溶液を操作ブランク試料溶液とする。この試料溶液をマイクロシリッジにより20μL取り、HPLCに導入し操作ブランク値を求める。

・トラベルブランク

トラベルブランク試験は、試料採取に際し、密栓した捕集管を試料採取を除いて、試料採取管と同様に持ち運び取り扱う。

備考：トラベルブランクは試料数の10%程度の頻度で、少なくとも3試料以上測定する。トラベルブランク値が操作ブランク値と同等（等しいか小さい）とみなせる時には、移送中の汚染は無視できるので、試料測定値から操作ブランク値を差し引いて濃度を算出する。移送中の汚染がある場合には、3試料以上のトラベルブランク値を測定した時の標準偏差(s)から求めた定量下限値(10s：大気濃度への換算値)が目標定量下限値以下の時及びトラベルブランク値による定量下限値が目標定量下限値より大きくても、試料の測定値がトラベルブランク値による定量下限値以上の時には、試料測定値からトラベルブランク値を差し引いて濃度を計算する。しかし、移送中に汚染があり、また、トラベルブランク値による定量下限値が目標定量下限値より大きく、しかも、試料の測定値がトラベルブランク値による定量下限値より小さい時は原則として欠測扱いとする。この場合には汚染の原因を取り除いた後、再度試料採取を行う。

備考：目標定量下限値はガイドライン値の1/10とする。

⑥検量線の作成

ホルムアルデヒド標準溶液(1mL=10 μg)を0-5mL段階的に5mLの全量フラスコ又は目盛り付き試験管に取り、アセトニトリルで5mLに合わせ、検量線作成用標準系列とする。調製した標準系列をマイクロシリッジにより20 μL取り、HPLCに導入しクロマトグラムを記録する。ホルムアルデヒドのピーク面積又はピーク高さを求め、ホルムアルデヒドの質量(μg)とピーク面積又はピーク高さとの関係線を作成し、検量線とする。

⑦濃度の算出

次式により試料空気中のホルムアルデヒド(HCHO)濃度を算出する。

$$C = \frac{(As - A) \times D \times E \times 1000}{v \times V \times \left(\frac{293}{273} + t \right) \times \frac{p}{101.3}}$$

C：20℃における試料空気中のホルムアルデヒド濃度(μg/m³)

As：検量線より求めた試料溶液中のHCHOの質量(μg)

A：検量線より求めた操作ブランク試料溶液中のHCHOの質量(μg)

D：希釈係数

E：試料溶液の液量(mL)

v：HPLCへの導用量(μL)

V：ガスメータで測定した試料空气の捕集量(L)

t：試料採取時の平均気温(℃)、湿式型積算流量計を使用している場合は積算流量計の平均水温(℃)

p：試料採取時の平均大気圧(kPa)、湿式型積算流量計を使用している場合は(P-Pw)を用いる。但し、Pwは試料採取時の平均気温tでの飽和水蒸気圧(kPa)

⑧結果の報告

測定対象建築物の概要

試料採取年月日、気温、湿度(平均値)

測定結果(個々の値、各場所の平均値)

定量下限値

建物及び生活行為に関する情報

(b) 4-アミノ-3ヒドラジノ-5-メルカプト-1,2,4-トリアゾール法(AHMT法)

試料空気中のホルムアルデヒドをほう酸溶液に捕集した後、アルカリ性にとしAHMT溶液を加えて発色させ、550nm付近で吸光度を測定する。本法は30L(1L/min x 30min)採取で0.04ppm-0.5ppmの測定に適する。

本法は二酸化硫黄、二酸化窒素、アンモニア等は影響を受けない。一方、アセトアルデヒド、ブチルアルデヒド、ベンズアルデヒドが倍量共存しても影響はないが、塩素は同量でも影響を受ける。

①試薬

吸収液	: ほう酸 (JIS K 8863) 5g を水に溶かして 1L とする。この溶液は使用時に調製する。
水酸化カリウム溶液	: 水酸化カリウム (JIS K 8574) 28g をポリエチレン瓶にとり水約 50mL を除々に加え、流水で冷却しながら振り混ぜて溶かした後、水を加えて 100mL とする。
過よう素酸カリウム溶液	: 過よう素酸カリウム (JIS K 8249) 0.75g を 200mL のビーカーに入れ、水酸化カリウム溶液 (1g/100mL) 100mL を加え、水浴上で加熱して溶かした後、冷却する。この溶液は褐色瓶に保存する。1 週間以上経過したものは使用しない。
AHMT 溶液	: AHMT 0.5g を塩酸 (5+95) 100mL に溶かす。この溶液は褐色瓶に入れて冷暗所に保存する。1 週間以上経過したものは使用しない。
ホルムアルデヒド溶液中のホルムアルデヒド含量 (w/w%) の求め方	: 水約 5mL を入れ、質量 1mg の桁まではかった秤瓶に、ホルムアルデヒド溶液 (ホルマリン) w g (約 1g) を入れ、再び質量を秤る。これを全量フラスコ 100mL に水で洗い移し、水を標線まで加える。この溶液 10mL をコニカルビーカー 200mL に分取し、よう素溶液 (0.05 mol/L) 50mL 及び水酸化カリウム溶液 (1 mol/L) 20mL を加え、15 分間室温に放置する。硫酸 (1+9) 15mL を加え、遊離したよう素を直ちにチオ硫酸ナトリウム溶液 (0.1 mol/L) で滴定し、溶液が淡黄色になってから、でんぷん溶液 1mL を指示薬として加え、更に滴定する。別に水 10mL を用いて空試験を行い、次の式によってホルムアルデヒド溶液中のホルムアルデヒド含量を求める。

$$Q = \frac{0.001501 \times (V_0 - V) \times f}{w} \times \frac{100}{10} \times 10$$

$$= \frac{1.501 \times (V_0 - V) \times f}{w}$$

ここに、 Q	: ホルムアルデヒド溶液中のホルムアルデヒド含量 (w/w %)
V	: ホルムアルデヒドの滴定に要したチオ硫酸ナトリウム溶液 (0.1mol/L) の量 (mL)
V_0	: 空試験に要した 0.1mol/L チオ硫酸ナトリウム溶液 (0.1mol/L) の量 (mL)
f	: チオ硫酸ナトリウム溶液 (0.1mol/L) のファクター
w	: ホルムアルデヒド溶液採取量 (g)
0.001501	: 0.1mol/L チオ硫酸ナトリウム溶液 1mL に相当するホルムアルデヒド (HCHO) の量 (g)

ホルムアルデヒド原液 (20mg/mL)	: ホルムアルデヒド溶液 (ホルマリン) 200/ Q g を、水約 10mL を入れて、その質量を 1mg の桁まで秤った全量フラスコ 100mL に移し入れ、再び質量を秤った後、水を標線まで加える。この溶液は使用時に調製する。
ホルムアルデヒド標準溶液 (2 μ g/mL)	: ホルムアルデヒド原液を吸収液で正しく 100 倍に希釈し、更に、この溶液を吸収液で 50 倍に希釈する。この標準液は使用時に調製する。
よう素溶液 (0.05mol/L)	: よう化カリウム 40g を水 25mL に溶かし、これによう素 13g を溶かした後、これを全量フラスコ 1000mL に移し入れ、塩酸 3 滴を加えた後、水を標線まで加える。
チオ硫酸ナトリウム溶液 (0.1mol/L)	: チオ硫酸ナトリウム五水和物 26g と炭酸ナトリウム 0.2g を、溶存酸素を含まない水 1000mL に溶かし、2 日間放置した後、よう素酸カリウムを用いて、JIS K 8001 の 4.5 (21.2) によって標定する。
でんぷん溶液 (5g/L)	: でんぷん 1g を水約 10mL とよく混合し、熱水 200mL 中にかき混ぜながら加える。約 1 分間煮沸し、冷却後、ろ過する。

②装置

分光光度計又は光電光度計

③試料の採取

・新築住宅の場合

図-1.3.4の如く、容量25mLのインピンジャーに吸収液10mLを入れ、これを2本連結する。試料空気を1L/minの流速で30分間採取する。試料採取後は蒸発減量を吸収液で補った後、密栓（すり合わせ共栓）し、更にシールテープで密封後、試験室に持ちかえる。これを分析用試料溶液とする。

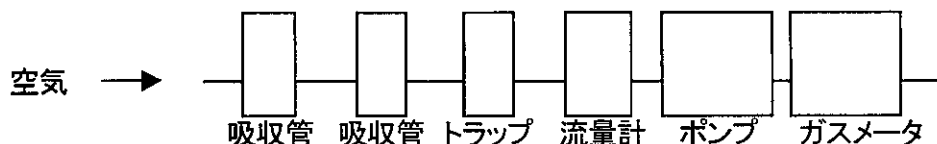


図-1.3.4 室内空气中ホルムアルデヒド（新築住宅）の採取装置の一例

備考：第2管は漏れ具合の確認

④定量操作

分析用試料溶液から2mL分取し、全量フラスコ10mLに入れる。ついで、水酸化ナトリウム溶液及びAHMT溶液2mLずつを加え、栓を軽くして静かに振り混ぜる。室温に20分間放置した後、栓を取り、過よう酸カリウム溶液2mLを加える。軽く栓をして気泡がなくなるまで静かに振り混ぜる。10分後に波長550nmで水を対照に吸光度を測定する。

吸収液について同様に操作して得られた吸光度をブランクとする。検量線からホルムアルデヒド量(μg HCHO)を求める。なお、第1管及び第2管についてそれぞれ定量操作を行うする。

備考：トラベルブランクは試料数の10%程度の頻度で、少なくとも3試料以上測定する。

トラベルブランク値が操作ブランク値と同等（等しいか小さい）とみなせる時には、移送中の汚染は無視できるので、試料測定値から操作ブランク値を差し引いて濃度を算出する。

⑤検量線の作成

数個の目盛り付き共栓試験管(10mL)に、ホルムアルデヒド標準液(2 μg/mL)0-2.0mLを段階的にとり、吸収液を加えて2mLとする。これら溶液について上記の定量操作を行い、吸光度とホルムアルデヒド量(μg)との関係線を作成し、検量線を作成する。対照液は水を用いる。

⑥濃度の算出

次式により試料空气中的ホルムアルデヒド(HCHO)濃度を算出する。

$$C = \frac{(As - A) \times D \times 1000}{v \times V \times \left(\frac{293}{273} + t \right) \times \frac{P}{101.3}}$$

C：20℃における試料空气中的ホルムアルデヒド濃度(μg/m³)

As：検量線より求めた試料溶液中のHCHOの質量(μg)

A：検量線より求めた操作ブランク試料溶液中のHCHOの質量(μg)

D：分取係数(10/2= 5)

V：ガスメータで測定した試料空气の捕集量(L)

t：試料採取時の平均気温(℃)、湿式型積算流量計を使用している場合は積算流量計の平均水温(℃)

p：試料採取時の平均大気圧(kPa)、湿式型積算流量計を使用している場合は(P-Pw)を用いる。但し、Pwは試料採取時の平均気温tでの飽和水蒸気圧(kPa)

⑦結果の報告

測定対象建築物の概要

試料採取年月日、気温、湿度（平均値）

測定結果（個々の値、各場所の平均値）
建物及び生活行為に関する情報

引用文献

- 1) ISO 16000-3, Indoor air Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds- Active sampling method (FDIS, 2001)
- 2) 厚生労働省シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会公表資料：室内空气中化学物質の採取方法と測定方法
- 3) 環境庁大気保全局：大気汚染物質測定法指針（Ⅱ）、ホルムアルデヒド、15-17 (1980)
- 4) 日本薬学会編：衛生試験法注解、p.1132-1133、金原出版 (1990)

堀 雅宏（横浜国立大学）

(2) VOC

(a) 概要

VOCの測定法の現状といくつかの問題点について述べる。VOCで室内環境では検出されたものは250種類を超え、日本の室内に検出される約50種類の化合物もリストアップされている。

室内環境測定に関わる公定法ではISOなどでも従来から検討され、HCHOやVOCに関わる定量法が、前出の厚生省（当時）法では環境管理の指標とするべきガイドラインとともに出された。ここでもサンプリングについて触れられ、VOCの定量法は3種類が併記されている（後述）。いずれも同等以上の性能であれば他の方法でも代替できるとしている。VOCは個々の成分のほか総濃度(TVOC)も取り上げられるが、蒸気圧の低いSVOCは極低濃度であり、大量通気と濃縮分析が行われる。サンプリングでの汚染物質の捕集に一般に固体吸着法、液体吸収法、直接容器捕集法が用いられるが、VOCは吸着を用いている。

(b) 機器分析法

VOCの捕集法としてはポーラスポリマー粒子（Tenax-TAなど）や合成炭素系吸着剤（Carbosieveなど）、いずれも粒径0.25-0.5mm、3ml充填、粒状活性炭（粒径0.25-0.5mm、0.2ml）をガラスやステンレスの管に充填して用いられる。これらを充填した管に1～2L程度の試料空気を通気するか、炭素系吸着剤や活性炭を捕集剤とするパッシブサンプラーを長時間（12～24時間）暴露する。なお、容器捕集法としては真空瓶やキャニスターなどがある吸着ロスなど保存性と内壁の洗浄に留意しなければならないので、ほとんど用いられていない。捕集されたVOCの定量はFIDや質量分析器で検出するガスクロマトグラフで行う。ここでは100m程度の無極性キャピラリーカラムが用いられ、試料導入は容器捕集された試料をそのまま直接（1～2ml）注入することも可能であるが、室内環境では個々の成分は0.1ppm以下の場合が多く、検出感度不足になるので、濃縮操作が行われる。すなわち試料空気を除湿し、液体窒素などで冷却したキャピラリーに導入（1L）し、その内壁に凝縮させ、次に加熱脱着すると同時に流路を切り替えてカラムに導入する。ポーラスポリマー粒子や合成炭素系吸着剤に吸着された室内空気試料中のVOCは窒素ガスを通気して水分を除去（合成炭素系吸着剤のみ）した後それぞれ230℃、350℃程度に加熱脱離し、冷却したキャピラリーにいったんトラップし、導入する。なお、ポーラスポリマーでは加熱脱着し、直接ガスクロマトグラフに導入することもできる。これらの方法は吸着捕集した試料を全量導入できるので1L程度の試料空気でも検出可能であるが、再分析が不可能である。先出の厚生労働省法では1回の測定に2個の試料得るようにしている。一方、活性炭管法は使い捨て型であるが、吸着能が大きいため長時間採気に適している。エタノールなどの極性の大きく低沸点のVOCは一部破過する場合があるので厚生省法では過塩素酸マグネシウムを充填した除湿剤を前段に入れている。これをミニバイアル瓶に移し、二硫化炭素1mlで抽出し、2ml注入する。この方法は従来日本の作業環境測定に用いられてきたものであるが、加熱脱着装置が不要で操作が容易であること、再分析が可能であること、試料の保存性とブランクの問題がない点で優れている。しかし試料導入率が1/500と低いので通常短時間（10分から数時間）採気には使えない欠点がある。

DOPや有機リンなどの極低濃度のSVOCはポーラスポリマー（Seppack-PSなど）に吸着捕集（1～2L/minで24時間）、5mlのアセトンで溶離、蒸発乾固、0.4mlアセトンで再溶解し、その2mlをGC-MSやFPD付きガスクロマトグラフに注入する。ポーラスポリマーに吸着し、そのまま加熱脱着導入する方法も可能である。

(c) 現場測定法の分類

現場測定法を検出原理で分類し、相当する実用機種、特徴など表1に示した。現場では連続して長時間の経

時変化を見る場合と特定の時間帯で測定を行えば目的が達せられる場合がある。一般に求められる基本的性能は簡易性を別にすれば感度、精度、選択性であるが、測定濃度範囲はHCHOが0.01～10mg/m³ (0.008～0.8ppm、単一物質で分かりやすいのでppmを使用、換算での温度の影響は10℃異なっても3%程度の差)、TVOCが0.1～100mg/m³ (トルエン換算0.03～30ppm)程度である。HCHOの厚生労働省やWHOのガイドラインは30分値0.08ppm、カナダやカリフォルニアの長時間値は0.05ppm、TVOCは0.3～0.5mg/m³である。なお、TVOCについては組成によっても人体影響は異なるので環境管理上の目安である。定量下限界としてはガイドラインの2分の1、できれば5分の1程度が望まれる。測定濃度範囲は広い方がよいが、低濃度側の方が注目される。定量下限と検知下限は異なり、両者の関係は測定原理やどの程度の誤差を許容するかによって異なるが、3:1～5:1程度とみれる。ところで室内環境ではガス成分は単独で存在することではなく、共存ガスの影響が問題になる。選択性は選択係数:(HCHOに対する感度)/(当該共存ガスに対する感度)で示され、この逆数と当該ガスの濃度の積が妨害度になるので、妨害は個々のガスによる妨害度の和で決まり、これがHCHO濃度の1/10以下であれば無視できることになる。一方、サンプリングにおける代表性や時間的変動の要因もあるので、測定精度が高すぎても意味は小さい。環境の評価であれば0.08ppmで±0.01ppm (13%)程度の誤差は許容されよう。一方、TVOCは物性の異なるVOCの混合物であるので事情が異なる。機器や測定法には個々のガス固有の感度があり、それらは通常同一ではないので基準物質としてトルエンが用いられることが多い。従って感度は0.3mg/m³の1/10のトルエン30mg/m³程度まで求めよう(昨年出された厚生労働省のトルエン単独のガイドラインは0.26 mg/m³)。なお、化学物質の発生も温度や湿度の影響を受けるが、測定法はこれらの影響の小さいものが求められる。

(d) 現場測定法の実用性および問題点

1) 水素炎イオン化検出器(FID): 炭化水素重量濃度との比例性はよいが、メタン(2ppm前後共存)やエタン、フロンなどの室内汚染質としては問題のないものまで検出するのが欠点である。外気の出力との差をとることによって補償する方法も0.3 mg/m³レベルを問題にするのであれば実用的ではない。定量下限はメタンで0.5ppm (0.3 mg/m³) (準可搬型の別のFIDでは0.05ppm) で定量範囲は広い。簡便ではあるが、水素ガスボンベが必要である。著者は沸点50℃以上のVOCをメタンなどと分けて測定するためにFIDと多孔性高分子(Tenax-TA)粒充填弁別管を組み合わせ、弁別管通過後と直接導入時の差をTVOCとする簡易法を提案したが充填剤の寿命の判定が問題である。

2) クロマト分離-FID: 沸点50℃以上のVOCをそれ以下のVOCとクロマトグラフ的にカラムで弁別してFIDで検出する。この定量下限はメタンで0.02ppm、重量濃度に換算すれば0.013mg/m³である。酢酸エチルのような含酸素化合物やp-ジクロロベンゼンのような有機塩素の比率が大きくなければ概ね合致するはずで、TVOC濃度が推定できる。

3) 光音響法(PAS): メタンと同じフィルター(波長)を用い、トルエンを基準ガスにして表示している。濃度と出力の関係が直線的である点は優れ、感度も総体としては0.1 mg/m³程度は測定できる。しかし、低濃度では水蒸気補正の誤差が加わり、また前述のメタンやVVOCを検出する外、例えば我が国の室内環境で検出されるVOC間の感度の差が最大約50倍(a-ピネン/p-ジクロロベンゼン)と大きい。従ってVOCの組成比が変われば出力は大きく異なってくる。

4) 熱線半導体法: 0.1ppm以下の個々のVOCを検出でき、VOC間の感度の差は数倍程度(光音響よりかなり小さい)で、メタンに対する感度も低い。問題点は出力が濃度の対数に比例し、低濃度側では傾きが異なる。またヒトからのVVOCにも感度を示す。従って、10倍単位での差を観測することになる。湿度の影響も小さいがあるものの、操作は簡便である。しかし、トルエンなどを基準物質としてTVOCを求めても、ガスクロで求めたTVOCと一致することはまずなく、VOC組成比の異なる他の現場での精度は低いものと考えなければならない。

5) 光イオン化法(PID): 芳香族や不飽和炭化水素に感度が大きく、鎖状炭化水素に小さいことで、このためメタンは検出されない。トルエン、イソブテンの定量下限は0.5ppmである。VOCはエステルやアルコールなども含むので、TVOCを高感度の物質で代表させていることになる。ランプの寿命も改善され、操作は簡便である。最近この原理でさらに高感度のものが実用されている。

6) 膜吸着-圧電天秤法: 脂質合成二分子膜に吸着する臭気成分のような特異な分子構造のガスには向いているが、必ずしもそのような構造の持たないVOCも多いので、オフィス環境のTVOCに対する感度は十分ではなかった。操作は簡便である。

TVOCについてFID、PAS、PID、熱線半導体法は感度的に満足するが、VOCの種類によって感度は10倍以上差がある一方、VOCの組成は測定場所によって異なる。このため、ある組成でガスクロマトグラフで測定したTVOC(個々のVOCの和)とこれらの直接測定法で得られる値の比(係数)を利用して換算しても、通常正しい絶対値(mg/

m³)は求められない点が問題である。

文献

- 1) 室内空気対策研究会測定技術分科会平成12年度報告書 39-62 (1999)
- 2) 堀雅宏：空調衛生工学会平成2年度学術講演会講演要旨集 1277 (1990)
- 3) 堀雅宏：建築設備と配管工事 Vol. 37 (8) 6 (1999)
- 4) 堀雅宏：材料と環境 VOL. 50 (10) 432 (2001)

表1 TVOCの現場測定法の測定原理と概要

測定原理	概 要
クロマト分離/FID	カラムで沸点 50℃ 以上の VOC をメタン等と分離後 FID に導入
光イオン化 (PID)	セル中で VOC に紫外線を照射し、VOC のイオン化電流を計測
水素炎イオン化 (FID)	炭化水素を内蔵ボンベの水素で燃焼、水素炎のイオン電流を計測
光音響	炭化水素特有の波長の赤外線吸収時の分子運動で発生する音を計測
熱線半導体	試料空気を導入、センサ表面と熱線の電導率を計測
膜吸着/圧電天秤	電極に塗布された膜に吸着されたガスによる重量増加分を計測

(1) 試験方法と評価方法の検討

室内化学物質空気汚染に対する住まい手の対策としては、換気により汚染質を室外へ除去すること、汚染質である化学物質を吸着する、もしくは吸着分解する設備機器や家電製品を設置・運転することにより、室内空気を浄化することである。これらは、主として建材や日用品から発生する化学物質により汚染される室内空気を対象とする。一方、家具内部などの空間内の空気を対象とした場合には、吸着剤や吸着分解剤をシート状・ボード状に成形した生活用品を家具内部等に設置する対策が考えられる。これらの汚染抑制対策は、建材・構法にかかわる抑制対策の選択の余地がない既築住宅や分譲住宅等において活用されることが考えられる。

一方、最近、化学物質の除去を謳った空気清浄機や化学物質の吸着・分解を謳った塗料やシートが市販され、普及し始めている。また、新しい建築材料や除去装置も開発されており、例えば、建材の下地材からの揮散防止を目的としたバリア性の強いシール形材料、化学物質の吸着を目的とした珪藻土等の多孔質材料、炭製品、吸着ペイント、光触媒やオゾンによる分解反応を利用した建材・除去装置などがある。しかし、これらの対策品の浄化能力、除去性能に関しては、製造者側の資料が存在するだけであり、標準的な性能確認試験方法に基づく学術的な検討が行われていないのが現状である。さらに、その性能に関する情報提供として、カタログや取り扱い説明書、製品貼付の仕様表などに記載されている内容では、前提条件が一定でない、性能の表示方法が統一されていない、性能自体が記載されていない等の理由により、比較、確認することが難しいと考えられる。このような状況をふまえ、汚染抑制対策品の標準的な性能確認試験方法とわかりやすく汎用性のある評価方法・性能表示方法の確立が急務となっている。なお、試験方法、評価方法は、実際の設置方法、施行方法、制御方法等をふまえた上で、メカニズム毎に統一されることが望ましい。

(2) 既往の試験法と評価法

室内化学物質空気汚染の抑制対策品に関して、標準的な性能確認試験方法を規定するものは見当たらない。僅かに、家庭用空気清浄機に関して日本電気工業会による規格（JEM1467）が存在するが、化学物質に対しては、脱臭性能試験としてタバコ煙を汚染発生源とするアンモニア・アセトアルデヒド・酢酸のみを取り扱うもので、他の汚染源、汚染質については述べられていないため、現行では不十分であると考えられる。また、評価指標としては除去率（%）を定義しているが、これは処理風量や濃度により大きく変化するため、これらの要素を考慮した実験条件下での試験が必要となり、極めて煩雑になると考えられる。参考として、室内化学物質空気汚染や建築材料からの化学物質放散の測定に関する試験方法の例を以下に示す。

1) ENV*1 13419-1:1999 Building products - Determination of the emission of volatile organic compounds - Part1:Emission test chamber method

建築材料-揮発性有機化合物の放散測定 第1部：放散試験チャンバー法

2) ENV*1 13419-3:1999 Building products - Determination of the emission of volatile organic compounds - Part3:Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens

建築材料-揮発性有機化合物の放散測定 第3部：サンプル採取、サンプルの保存及び試験片の準備に関する手順

3) ASTM*2 5116:1990 Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products

内装材からの有機物放散測定 小型チャンバー法の標準ガイド

4) ISO/DIS*3 16000-3 Indoor air -Part 3 :Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds -Active sampling method

室内空気中のホルムアルデヒド及びカルボニル化合物の定量-アクティブサンプリング

5) ISO/DIS*3 16000-6 Indoor air -Part 6 :Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TENAX TA sorbent,thermal desorption and gas chromatography using MS/FID

室内及びチャンバー内空気の揮発性有機化合物の定量-Tenax TA を使用したアクティブサンプリング、加熱脱着とガスクロマトグラフィーMSD /FID による定量

6) 厚生労働省 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回のまとめに

ついて（平成13年7月）

（別添2）測定方法について、および（別添3）室内空気中化学物質の測定マニュアル

*1: European Pre-standard

*2: American Society for Testing Materials Standard Draft

*3: International Organization for Standard / Draft International Standard

（3）新たに提案する試験法と評価法

室内化学物質空気汚染に対する抑制対策品の除去特性に関する性能を確認するための各種試験方法の性能について以下に規定する。

①試験方法

・性能確認試験方法として、チャンバー法を推奨する。汚染の供給は十分な精度および再現性が確保されることとし、定常法、減衰法等の採用を認める。なお、除去特性に関する評価試験の標準状態として、温度 25 ± 1 °C、相対湿度 $50 \pm 5\%$ 、試験対象製品表面の対流熱伝達率が $3 \sim 6 \text{ W/m}^2\text{K}$ 程度、もしくは $3 \text{ W/m}^2\text{K}$ 以下となる環境を制御できることを推奨する。なお、試験条件は必ず明記されるものとする。

・チャンバーの基本性能に関しては、揮発性有機化合物の放散測定方法を規定するENVあるいはASTM等に準じるものが妥当であると考え。条件としては、①外乱の影響を受けにくいこと。温度・湿度が一定値を維持可能で外部風の影響を受けないこと。②換気量、漏出入空気量が一定で、前者に比べ後者の値が無視できる程度に小さいこと。③化学物質のバックグラウンド濃度が少ないこと。④装置内部表面は化学物質の吸着・再放散がないこと。⑤汚染状況の再現性が高いこと等を満たす必要がある。

・各種汚染質の濃度測定方法に関しては、厚生労働省の規定やISO等に準じることとする。

・各種汚染質の濃度条件は、対象化学物質に関する法規制やガイドライン等の指針値が存在する場合には、その基準値濃度、および必要に応じて濃度レベルを設定し、試験を実施することとする。

②評価方法

・減衰法による場合：漏気のないチャンバー内に汚染質が一定値に到達した時点で供給をとめ、対策品を運転（設置）する。運転後における濃度減衰は、対象製品の除去能力によるものだが、この効果を換気による効果と同等に捉えることができる。そこで、JIS A1406「屋内換気量測定方法（炭酸ガス法）」に基づいて、濃度減衰の経時変化から求めた換気量、換気回数をそれぞれ「相当換気量」、「相当換気回数」と呼ぶこととする。なお、チャンバーに漏気がある場合は自然減衰時の測定を併せて行い、対策品の運転（設置）時との濃度差から算出を行うものとする。

・定常法による場合：一定の換気量、定常の汚染質発生がある条件下で、対策品の運転（設置）前後におけるチャンバー内の濃度差を比較する。この濃度差は対策品の除去能力となり、上に倣って「相当換気量」、「相当換気回数」と呼ぶこととする。

1.5 実験システムの構築

1.5.1 空気環境実験室（人工気象室）の概要

本研究事業のうち、下記1)～5)の実験室実験における温・湿度、清浄空気の制御は、人工気象室内（屋外・屋内条件試験室）に各チェンバーを設置することで行われるものである。

- 1) ホビー製品（スプレー式塗料）からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第1章）
- 2) 化粧品からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第2章）
- 3) 衣料品からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第3章）
- 4) 造作家具からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第5章）
- 5) 畳の化学物質の除去特性に関する研究（第3編、第3章）

以下に、東北文化学園大学内に設置された人工気象室（屋外、屋内条件試験室）の仕様を示す。

(1) 屋外条件試験室

a) 性能仕様

周囲温度が $+5\sim+32^{\circ}\text{C}$ 、安定30分後の測定における性能とする。電圧変動許容値は定格電圧 $\pm 5\%$ 以内、周波数変動許容値は定格周波数の $\pm 1\%$ 以内とする。

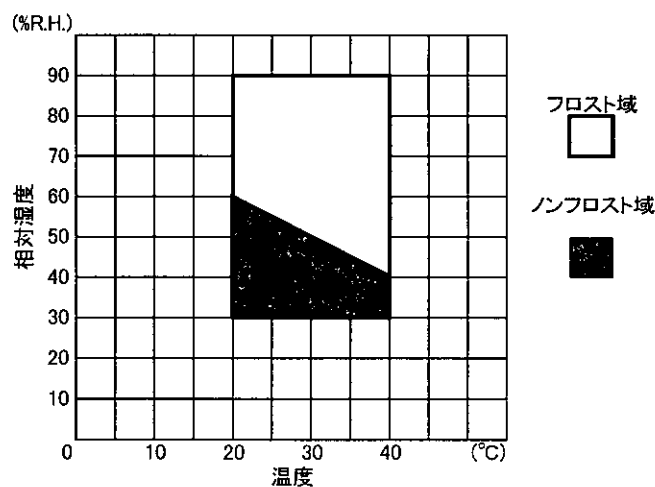
- ① 温度制御範囲 $-10\sim+40^{\circ}\text{C}$ （無負荷、有試料時）
 $-10\sim+40^{\circ}\text{C}$ （有負荷、有試料時）
- ② 湿度制御範囲 $30\sim 90\%\text{R.H.}$ ($\text{at } +20\sim+40^{\circ}\text{C}$)（有負荷、有試料時）
- ③ ②の温湿度制御範囲を参照

- ③ 温湿度調節幅 $\pm 0.5^{\circ}\text{C} / \pm 3.0\%\text{R.H.}$ （無負荷、無試料時）

- ※④ 温湿度分布 $\pm 1.0^{\circ}\text{C} / \pm 5.0\%\text{R.H.}$ （無負荷、無試料時）

※同一時刻における試験室内中心温湿度と、室内各壁面からの有効寸法の1/6（但し、最大500mm）を除いた任意の場所での、温湿度の差とする。

- ⑤ 室内気流速度： 0.2m/sec 以下（室内中心 F.L.+700mmにおける値）
- ⑥ 室内照度 500lx 以上（室内温度 10°C 、室内中心 F.L.+700mmにおける値）
- ⑦ 許容負荷 換気： $60\text{m}^3/\text{h}$ ($+10^{\circ}\text{C}$ 以上)
- ⑧ 許容試料 スモールチェンバー： $W1600 \times H2100 \times D2300\text{mm}$
- ⑨ 温湿度範囲図



b) 試験体本体

- ① 寸法 内寸法： $IW 2875 \times IH 2675 \times ID 6200\text{mm}$
- ② パネル
 - 外装材 カラー鋼板 $t:0.4\text{mm}$
 - 内装材 ステンレス鋼板 (SUS304) $t:0.5\text{mm}$
 - パネル厚 $t:75\text{mm}$ (断熱材：硬質ウレタンフォーム)

- 床耐荷重 600kg/m² (等分布荷重)
- ③扉
- 材質 パネルと同等
- 厚さ t:75mm (断熱材：硬質ウレタンフォーム)
- 両開扉 有効寸法 W 2000 × H 2200mm
- (c) 空調器
- ①本体
- 寸法 外寸法：OW 2000 × OH 2600 × OD 1070mm
- 外装材 塩化ビニル鋼板 t:0.7mm (鋼板 t:0.5mm+ 塩化ビニル被膜 t:0.2mm)
- 内装材 ステンレス鋼板(SUS304) t:0.5mm
- パネル厚 t:65mm (断熱材：硬質ウレタンフォーム)
- ②送風機 遠心送風機 (両吸込シロッコファン、80m³/min. at20mmAq)
- モータ (AC200V 1.5kW)
- ③加熱器 フィンヒータ (AC200V 12kW)
- ④加湿器 蒸気加湿器 (AC200V 12kW 16.5l/h)
- ⑤蒸発器 多段プレートファインクーラ
- ⑥温度検出端 JIST 熱電対
- ⑦湿度検出端 静電容量湿度センサ
- ⑧その他 吸込口(H型フィルタ付) 等
- (d) 冷凍機
- ①冷凍機ユニット
- 冷凍方式 単段冷凍方式
- 圧縮機 半密閉型 AC200V
- 凝縮機 一体空冷式
- 膨張方式 キャピラリチューブ
- ②その他 配管架台、凝縮ファンコントローラ、圧力スイッチ等
- (e) 換気装置
- ①温熱実験用
- 換気量 0 ～ 180m³/h
- ②換気実験用
- 換気量 0 ～ 180m³/h
- ③試験室排気用
- 換気量 1000m³/h

(2) 屋内条件試験室

a) 性能仕様

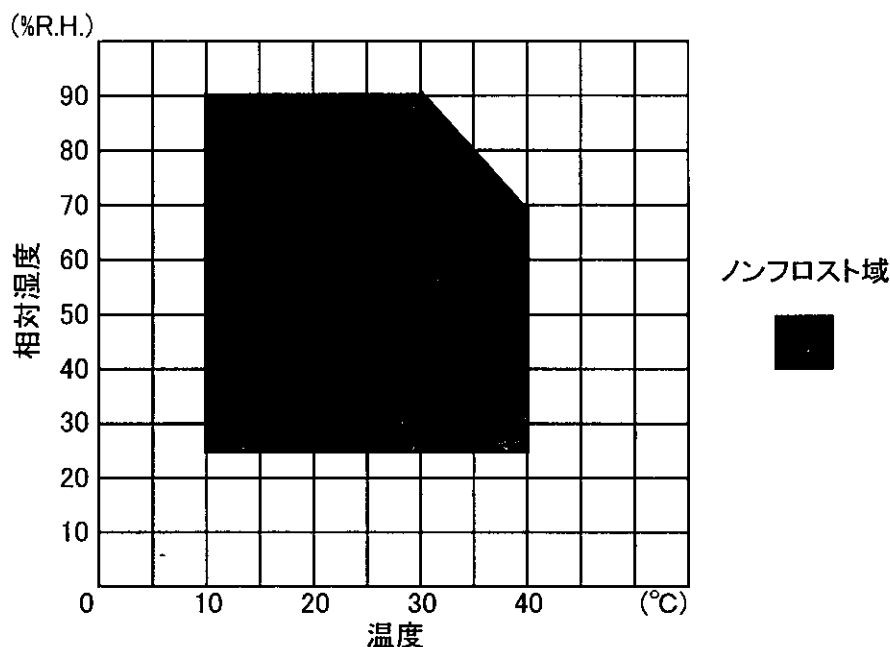
周囲温度が +5 ～ +32℃、安定 30 分後の測定における性能とする。電圧変動許容値は定格電圧 ± 5 % 以内、周波数変動許容値は定格周波数の ± 1 % 以内とする。

- ①温度制御範囲 +10 ～ +40℃ (無負荷、有試料時及び有負荷、有試料時)
- ②湿度制御範囲 35 ～ 90R. H. (at +10 ～ +40℃) (無負荷、有試料時及び有負荷、有試料時)
- ③の温湿度制御範囲を参照
- ③温湿度調節幅 ± 0.5℃ / ± 3.0 % R. H. (無負荷、無試料時)
- ※④温湿度分布 ± 1.0℃ / ± 5.0 % R. H. (無負荷、無試料時)

※同一時刻における試験室内中心温湿度と、室内各壁面からの有効寸法の 1/6 (但し、最大 500mm) を除いた任意の場所での、温湿度の差とする。

- ⑤室内気流速度：0.2m/sec 以下 (室内中心 F. L. +700mm における値)
- ⑥室内照度 500lx 以上 (室内温度 10℃、室内中心 F. L. +700mm における値)
- ⑦許容負荷 換気：60m³/h (+10℃以上)
- ⑧許容試料 スモールチェンバー：W1600 × H2100 × D2300mm

⑨温湿度範囲図



b) 試験体本体

①寸法 内寸法: IW 2875 × IH 2675 × ID 6200mm

②パネル

外装材 カラー鋼板 t:0.4mm
 内装材 ステンレス鋼板 (SUS304) t:0.5mm
 パネル厚 t:75mm (断熱材:硬質ウレタンフォーム)
 床耐荷重 600kg/m² (等分布荷重)

③扉

材質 パネルと同等
 厚さ t:75mm (断熱材:硬質ウレタンフォーム)
 両開扉 有効寸法 W 1400 × H 1800mm

(c) 空調器

①本体

寸法 外寸法: OW 1500 × OH 3340 × OD 1070mm
 外装材 塩化ビニル鋼板 t:0.7mm (鋼板 t:0.5mm+ 塩化ビニル被膜 t:0.2mm)
 内装材 ステンレス鋼板 (SUS304) t:0.5mm
 パネル厚 t:65mm (断熱材:硬質ウレタンフォーム)

②送風機

遠心送風機 (両吸込シロッコファン、80m³/min. at20mmAq)
 モーター (AC200V 1.5kW)

③加熱器

フィンヒータ (AC200V 12kW)

④加湿器

蒸気加湿器 (AC200V 12kW 11.7l/h)

⑤蒸発器

多段プレートファインクーラ

⑥温度検出端

JIST 熱電対

⑦湿度検出端

静電容量湿度センサ

⑧その他

吸込口 (H型フィルタ付) 等

(d) 冷凍機

①冷凍機ユニット

冷凍方式 単段冷凍方式
 圧縮機 半密閉型 AC200V
 凝縮機 一体空冷式

膨張方式	キャピラリチューブ
②その他	配管架台、凝縮ファンコントローラ、圧力スイッチ等
(e)除湿機	
①風量	処理風量 600m ³ /h 再生風量 180m ³ /h 外気取込風量 60m ³ /h
②機器	処理送風機 AC200V 0.3kW 再生送風機 AC200V 0.2kW 再生ヒータ AC200V 6kW ロータ駆動モータ AC200V 25W
(f)換気装置	
①温熱実験用	
換気量	0～180m ³ /h
②換気実験用	
換気量	0～180m ³ /h
③試験室排気用	
換気量	1000m ³ /h

1.5.2 実験システム（スモールチェンバー(Ⅰ)）の構築

本研究事業のうち、空気清浄機の化学物質の除去特性に関する実験（第3編、第2章）は、東北文化学園大学内に設置されたスモールチェンバー（気積：4.977(m³））で行われるものである（写真-1.5.1、図-1.5.2参照）。このスモールチェンバーの仕様を以下に示す。

a) 主な仕様

- ①温度 +30℃以下
- ②周辺温度条件 +25℃以下
- ③負荷 発熱：6000Kcal/h
- ④制御方式 冷却コイルのみの ON-OFF 制御

b) 構成

- ①本体
 - 寸法 試験室全外法 W 1600 × H 2100 × D 1600mm
 - 材質 SUS304
 - 扉 W 850 × H 1800mm
 - 架台 SS400
- ②空調器
 - 材質 SUS304 t:1.0mm
 - 送風機 遠心送風機 AC100 50W
 - 冷却コイル 直膨式多段プレートフィンクーラー
 - 温度検出端 Pt100 Ω
- ③冷凍機
 - 圧縮機 全密閉型 AC200V 1.5Kw
 - 凝縮機 屋内空冷式
 - 膨張方式 キャピラリチューブ
 - 冷媒 R22
 - その他 凝縮ファンコントローラ、圧力スイッチ等

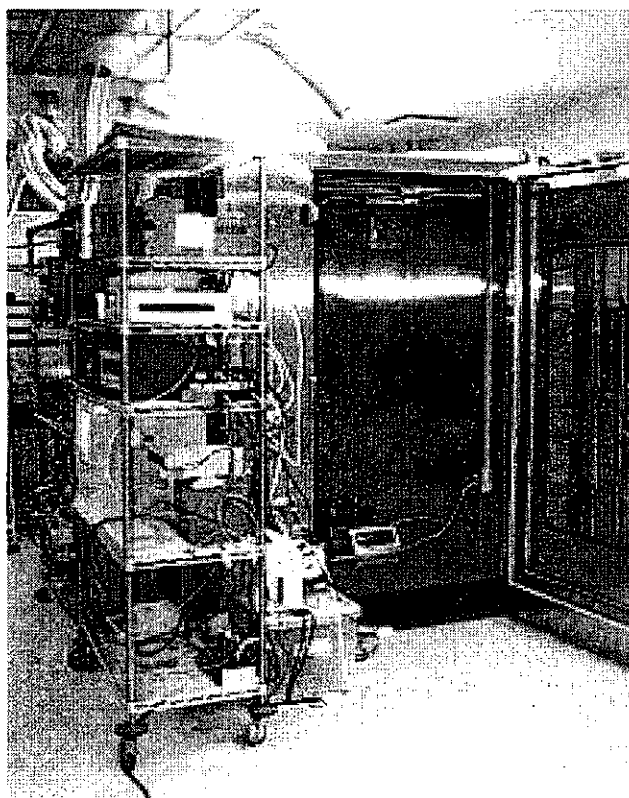


写真-1.5.1 スモールチェンバー(Ⅰ)
(気積：4.977m³)

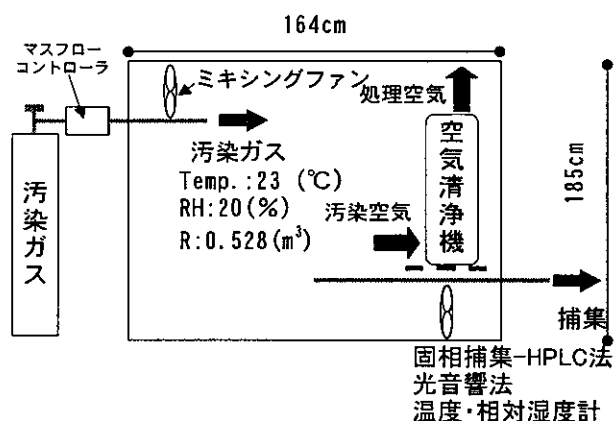


図-1.5.2 スモールチェンバー(Ⅰ)の実験システム例

1.5.3 実験システム（スモールチェンバー（Ⅱ））の構築

本研究事業のうち、生活用品からの化学物質の発生、並びに対策品の除去特性に関する実験は、東北文化学園大学内に設置されたスモールチェンバー（気積：65(l)）で行われるものである。（図-1.5.3を参照のこと。）

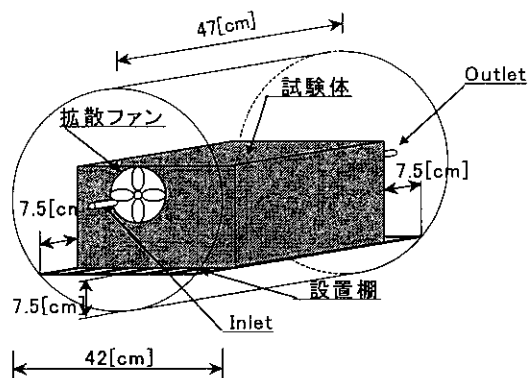


図-1.5.3 スモールチェンバーの概要

(1)生活用品からの化学物質の発生に関する実験システムの構築

生活用品からの化学物質発生状況を調べるために、東北文化学園大学の人工気象室内にステンレス製小型チェンバーを設置し（写真-1.5.2）、図-1.5.4に示すような実験システムを構築した。

尚、本実験システムは以下の1)～3)の研究に用いた。

- 1) ホビー用品（スプレー式塗料）からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第1章）
- 2) 化粧品からの化学物質の発生に関する研究（第2編、第2章）
- 3) 衣料品からの化学物質の発生に関する研究（第3編、第3章）

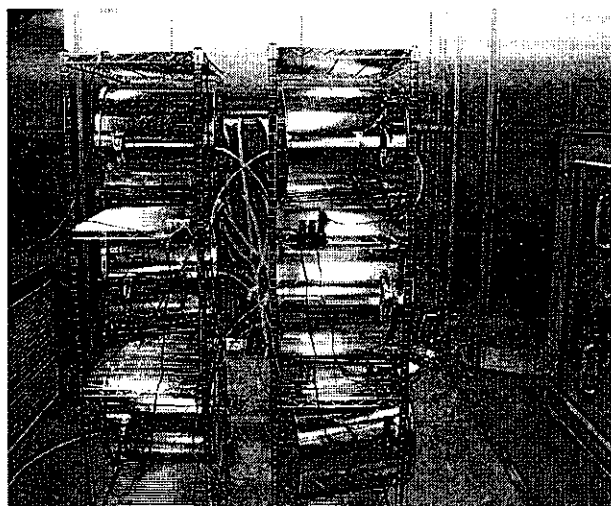


写真-1.5.2 人工気象室内に設置された小型チェンバー

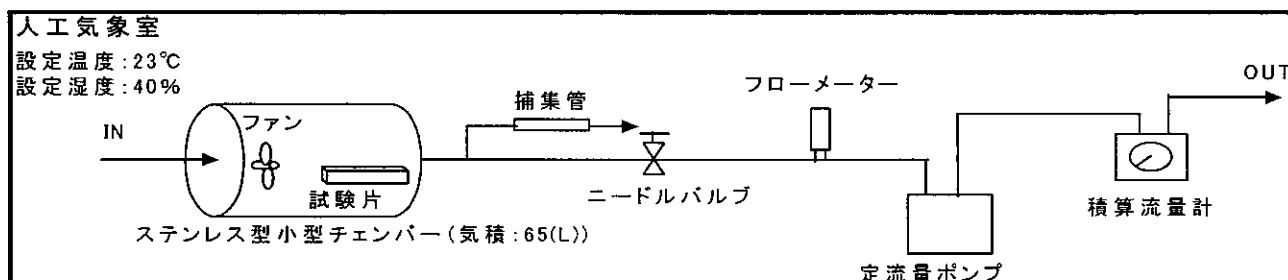


図-1.5.4 生活用品からの化学物質発生に関する実験システムの一例

(2) 対策品の化学物質の除去特性に関する実験システムの構築

対策品の化学物質発の除去特性を調べるために、東北文化学園大学の人工気象室内に2つのステンレス製小型チェンバーを設置した。1つのチェンバー(チェンバー①)には、試験片を挿入し、もう一方のチェンバー(チェンバー②)には、試験片のダミー(試験片と同じ体積)を挿入した。

人工気象室の空気をキャリアガス乾燥管、エアー乾燥管を通してガス発生装置に送り、2つの実験チェンバーに等量のトルエン、mp-キシレン、o-キシレン、ベンゼン、エチルベンゼン、p-ジクロロベンゼンの6種類のVOCをマスフローコントローラーを用いて流量を500ml/minに制御し、2つのチェンバー内に導入した。また、チェンバー内の一様拡散状態を得るためにファンを用いて、チェンバー内の空気を混合させた。(図-1.5.5、写真-1.5.3を参照のこと。)

尚、本実験システムは、畳の化学物質の除去特性(第3編、第3章)に関する研究に用いた。

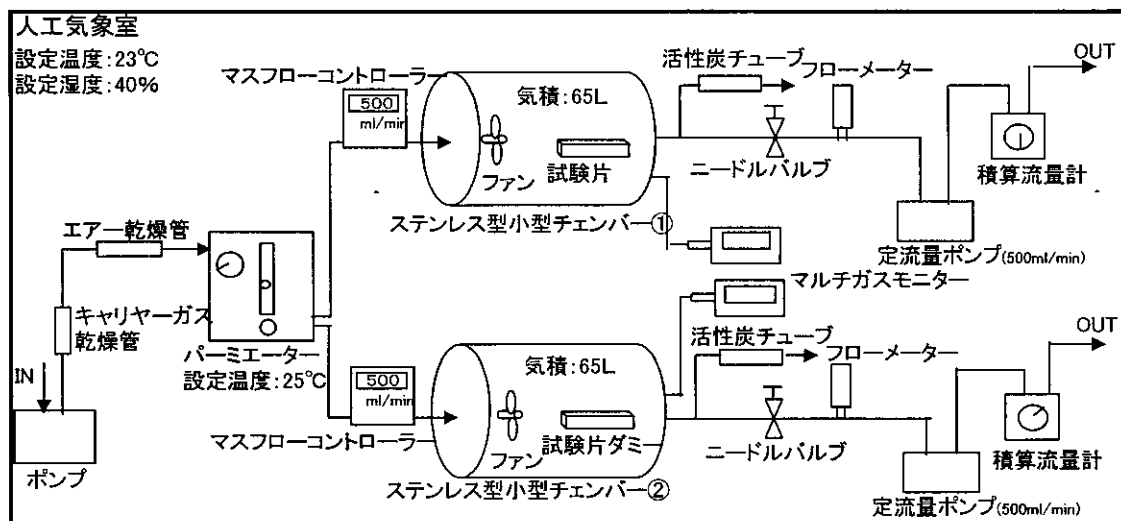


図-1.5.5 対策品の化学物質除去特性に関する実験システムの一例

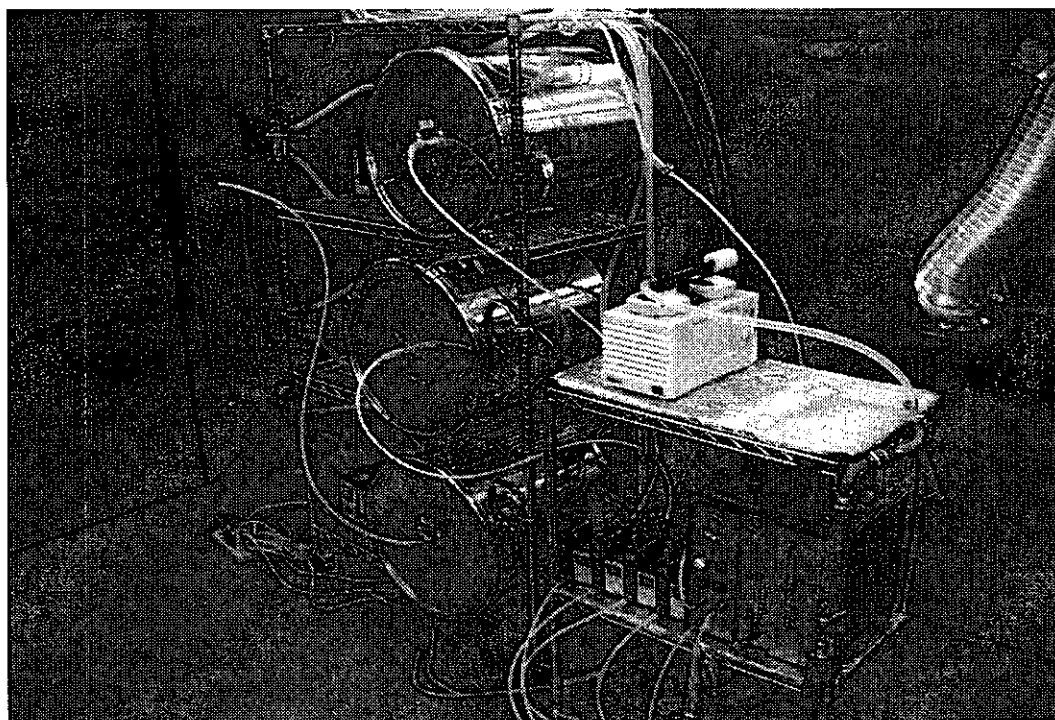


写真-1.5.3 対策品の化学物質除去特性の実験システム(人工気象室内に設置した実験装置)