

3. VOC 及びアルデヒド類の測定方法（池田）

いわゆるシックハウスに関連して問題とされる VOCs やホルムアルデヒドなどの化学物質は、CO、CO₂、粉塵などのような物質の場合とは異なり、それらと同程度の精度での測定を実施しようとする、現状の技術レベルでは、ガスクロマトグラフ、ガス質量分析機、高速液体クロマトグラフ、吸光光度計などのかなり大規模な計測機が必要となるだけでなく、これらの計測機の取扱いに関する高度な化学知識を有する人材まで必要とされる。これらにより計測する方法は、「精密法」と呼ばれる。この方法では、目的とする被験物質の精度や感度が良いだけでなく、それ以外の物質の影響も分離することが可能であり、多種類の化学物質の同時分析が可能である。しかしながら、このタイプの計測機の場合、大規模かつ重量がある分析機器を使用するため、一般には、現場に計測機を持ち出すのは困難となる。従って、現場で、採集装置（サンプラー）を使い空気を採集してきて、それを分析機で濃度分析をするという方法が行われる。即ち、計測は、採集と分析の 2 段階に分かれることになり、現場で、直ちに濃度を知ることは困難である。

分析機による分類法は使用する分析機の名前の略称を使いガスクロ法、GC/MS 法、HPLC 法、吸光光度法（AHMT 法とも呼ばれる。これは、吸光光度法で使われる試薬の略称に基づく呼び方）などと呼ばれる。一方、サンプラーの違いによっては、アクティブ法とパッシブ法の 2 つに分類される。これは、被験物質を採集する際、ポンプのような動力を使うか、あるいは、空気（流体）の拡散作用を利用するかによる分類である。前者は、ポンプ法、後者は、ディフューシブ（拡散）法と呼ばれることもある。アクティブ法は、空気中の被験物質を効率よく確実に採集できる方法であるので、短時間の採集が可能で、測定精度に重点をおく場合に適した方法であるが、ポンプや流量計それらを設置する台など装置が大掛かりとなるだけでなく、採集空気の流量に応じた騒音をポンプが発生するので、採集流量や採集場所における静けさの要求度などの条件によっては、かなり使いにくい方法とならざるを得ない。また、設置や回収にはかなりの時間と手間がかかる。なお、採集装置は一般的に高価となるが、繰り返し使用が可能である。一方、パッシブ法は、ポンプや流量計を使用しないため、小形軽量で、設置・回収の手間は、アクティブ法には比喩にならないほど容易であり、また、騒音にも悩まされることがないが、空気の拡散作用を利用するため、十分な分析精度が得られるだけの物質量を採集しようとする、採集時間はかなり長時間としなければならない。また、被験汚染物質の空気中の濃度と捕集率に関する較正を十分にしておかないと、精度の良い測定結果が得られなくなる。なお、キャニスターと呼ばれる真空の缶タイプのもの（尤も、この場合、パッシブかもしれないが、ディフューシブとは言えない）以外のパッシブサンプラーは、一般に高価とはいえないが、使い捨てタイプが多く、多くの測定サンプルを必要とする場合、意外と高価なものとなることがある。

一般に、精密法と呼ばれる測定方法は、サンプラーにはアクティブ法を、分析機にはガスクロ、GC/MS または、HPLC を用いたものを言い、吸光光度計での分析は、「準精密法」とか「精

密法に準ずる方法」などと呼ばれることがある。また、サンプラーにパッシブ法を用いた場合は、「精密法」と呼ばれることはなく、「簡易法」とさえ呼ばれる事があるが、採集は簡単であるが、分析まで含めた手間を考えると必ずしも「簡易」とは言えない。特にキャニスターなどを用いた場合は、アクティブ法より、手間がかかるともいえる。また、「簡易法」と言う精度がそれほどでもない印象を与えるが、環境空気中の濃度と吸着量の較正が正確に行われているなど、採集にかかわる精度管理が適切であれば、分析方法は、アクティブ法による精密法と変わらないのであれば、精度的にも悪くはないはずである。

以上の「精密法」に対するものとして、「簡易法」と呼ばれる幾つかのタイプの測定法がある。簡易法は、一般に、装置が小型・軽量、廉価、かつ取扱が容易で、化学に関する専門知識がない人でも使用できるタイプの計測機を言う。また、機種によっては、被験空気の濃度に応じた電気出力を、分単位で出力できるタイプの測定機もある。これらの計測器は一般に小型軽量であるため、採集部(装置)と分析部(装置)は一体化しているか、そうない場合でも同時に運んでもそれほど重くなく、現場で直ちに濃度測定値を得ることができるタイプが多い。ただし、問題点としては、感度と、精度があまりよくない、他の汚染物質の影響を受けやすい、あるいは、全く分離することができないため、他の汚染物質も目的の汚染物質の濃度に加算されたりするものが多い。場合によっては、ゼロ点や測定感度が、時間とともに不安定なものも少なくない。なお、採集方法は、精密法の場合と同様ポンプなどの動力を使うアクティブ法と拡散作用に頼るパッシブ(ディフューシブ)法の2つがある。これら簡易法に分類される計測機のうち比較的精度が高く、取扱が容易なのが、検知管法である。これは基本的には、一酸化炭素や二酸化炭素の検知管と同じと言えるが、化学物質の場合は、感度の問題で、二酸化炭素などに比べ、相当多くの空気を採集しなければならないため、アクティブ法で採集する場合は、ポンプと流量計が必要となる。また、パッシブ法の場合は、少なくとも半日から、長い場合は1週間程度の採集時間を要する。簡易法にはこのような問題点があるが、目的に応じて、その感度、他の物質の妨害があることなどをあらかじめ考慮に入れて用いれば、それなりに有効な場合も少なくない。

3.1 アクティブ法(鍵)

3.1.1 ホルムアルデヒド及びカルボニル化合物の測定

現在、室内外空気中の汚染物質の標準測定法は一般的にはアクティブサンプリングが採用されており、ISO及びEPAを含め最近の傾向としては、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン(DNPH)捕集-高速液体クロマトグラフ法(DNPH捕集-HPLC法)が主流となった。DNPH捕集-HPLC法が厚生労働省により採用されていることも要因である。その他にも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吸光光度法)法、DNPH捕集-GC法、DNPH捕集-GC/MS法等も存在する。

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。

捕集には図 3.1.1 のような構成となっている。捕集管として DNPH 捕集管を用い、オゾンの存在が懸念される場合は、捕集管の前段にオゾンスクラバーを設ける。試料空気は 1L/min の流速で 30 分間採取する（同時に 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。

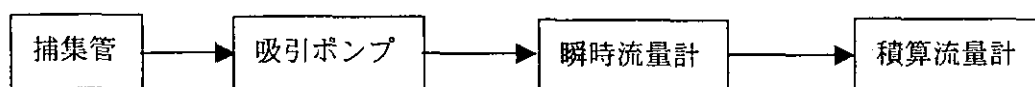


図 3.1.1 捕集法の構成例

備考 同一試料を 2 回採取することは、試料採取中の配管の外れ、その他のミスを考えている。2 回の測定値の平均とそれぞれの測定値との間に ±15% 以上の開きがある場合は、原則として欠測扱いとし、再度試料の採取を行う。

3.1.2 揮発性有機化合物の測定

揮発性有機化合物(VOC)の測定には、一般に Tenax 剤を用いた固体捕集を行い、ガスクロマトグラフィにより分析する固体捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析法を用いることが多い。

固体捕集法は、図 3-1 に示したとおり捕集管、吸引ポンプ、流量計、その他から構成される。

清浄な捕集管に、テナックス剤を充填する。充填量は分析感度・捕集時間・破過容量を考慮して決定する。充填済みの捕集管に不活性ガスを通気しながら、エージングを行う。エージング後の捕集管は、空試験の値が、測定値に影響を与えないことを確認しておくこと。エージングが終了した捕集管は、両端を速やかに密栓し、外部空気からの汚染を防止する。密栓した捕集管は、さらにシリカゲル・活性炭などを入れた容器内に保存しておくことが望ましい。

採取流量は、0.1~1.0L/min を標準としてガス状有機物質の測定を行う。捕集時間は、10~60 分を標準として、測定対象成分の濃度レベルおよび測定目的に応じて決定する。分析場所から測定場所まで運搬される間において、捕集管の汚染の有無を確認するために、採取用の捕集管と同様に取り扱った未採取の捕集管を用意する。この未採取の捕集管は、採取済みの捕集管と同様に分析され、トラベルブランク値の算出に用いられる。トラベルブランク値は、最低 3 個以上の異なる捕集管を分析した結果、得られる値の平均値とするこ

とが望ましい。測定値の信頼性を確保するために、同一地点にて 2 個以上の捕集管を用いて、同時にガス状有機物質の測定を行う。この二重測定は、測定対象箇所の 10%程度行う。あらかじめ 5 個以上の捕集管について操作ブランク値を求めておく。

分析装置はガスクロマトグラフ、質量分析器から構成され、前処理部の加熱脱着装置はガスクロマトグラフの試料注入口に、直接接続されている。通常、加熱脱着装置の加熱温度は 200~250℃、加熱時間は 10 分程度であるが、あらかじめ標準物質による測定を行い、その結果から決定してもよい。

3.1.3 ブランク値の取り扱い

測定・分析上には、操作・捕集の際に測定誤差を含んだものとなる。分析装置と機器への導入の際に発生する操作ブランクと捕集管のデリバリーによるトラベルブランクが存在する。空中濃度は、実際はブランク値を差し引いて算出する。操作ブランクとは、未使用の捕集管について、通常の実験操作を行い、得られた溶液を操作ブランク試料とし、分析装置に導入して得られた値により操作ブランク値を求める。また、トラベルブランクとは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い分析に導入して得られた値である。それぞれのブランクは以下のように適用する。

(1) トラベルブランク値が操作ブランク値より小さい場合

捕集管に採取された測定対象物質の質量 (A) - 操作ブランク値

(2) 捕集管に採取された測定対象物質の質量 (A) がトラベルブランク値の標準偏差から求めた定量下限値より大きい場合

捕集管に採取された測定対象物質の質量 (A) - トラベルブランク値

(3) 捕集管に採取された測定対象物質の質量 (A) がトラベルブランク値の標準偏差から求めた定量下限値より小さい場合

欠測とし、再測定を行う。ただしトラベルブランクが目的とする定量下限値よりも十分に小さい時は、測定値は定量下限値以下として取り扱うものとする。

3.1.4 検出・定量下限値

検出・定量下限値は以下の算出法がある。

(1) 操作ブランク値による方法

既知濃度標準試料により検量線を作成し、5 本以上の未捕集の捕集管について、同様の分析を行い、操作ブランク値の標準偏差を求める。この標準偏差の 3 倍を検出下限値、10 倍を定量下限値とする。

(2) S/N による方法

既知濃度標準試料により、ピーク高さとのノイズ幅の比 (S/N) を求める。検出下限値と定量下限値はそれぞれ、検出下限値 $\geq 3(S/N)$ 、定量下限値 $\geq 10(S/N)$ とする。

(3)トラベルブランク値による方法

捕集用の捕集管と同様に、現場までの運搬を行った未捕集の捕集管（3本以上または全測定箇所数の10%）について、トラベルブランク値の標準偏差を求める。この標準偏差の3倍を検出下限値、10倍を定量下限値とする。

(4)混合標準濃度系列の標準偏差（s）から算出する方法

検量線作成時の最低濃度（定量下限値付近）の混合標準濃度系列について、同様の操作を行い、気中濃度を算出する。5試料以上の測定を行い、その標準偏差sから検出・定量下限値を求め、sの3倍を検出下限値、10倍を定量下限値とする。ただし他に求めたsがある場合には、大きい方のsを採用すること。また、この測定は機器の分析条件を設定した場合など、必要に応じて必ず1回以上行う。

3.2 パッシブ法（柳，小山，WG1 委員）

パッシブ法は室内空気中のアルデヒド類と VOCs の測定によく用いられている。WG1 では、パッシブ法によるアルデヒド類と VOCs 測定の実現状況を把握するとともに、本研究委員会が次年度実施する予定の全国規模の調査におけるパッシブ法の適用について検討を行うために文献調査を行った。この節では、パッシブ法の一般事項、とりわけ“パッシブ法とは”、“パッシブ法の測定原理”、アクティブ法と比較した場合の“パッシブ法の長短所”について紹介したうえで、2004 年 3 月の時点で WG1 がパッシブ法について行った文献調査の結果を中心に述べる。

文献調査の対象は以下に示す通りである。

- ① 日本建築学会学術講演会（2000～2003 年）
- ② 空気調和・衛生工学会（2000～2003 年）
- ③ 環境化学（1996 年～最新版）
- ④ 環境と測定技術（1999 年～最新版）
- ⑤ 分析化学（1990 年～最新版）
- ⑥ Environmental Science & Technology（2002 年～最新版）
- ⑦ 大気環境学会誌（1999 年～最新版）
- ⑧ 大気環境学会年会講演要旨（1999 年～最新版）
- ⑨ 環境化学討論会講演要旨集（1999 年～最新版）
- ⑩ 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（2001～最新版）
- ⑪ 日環協関東支部セミナー要旨集（2002 年～最新版）
- ⑫ 室内環境学会誌（2000 年～最新版）

3.2.1 一般事項

（1）パッシブ法とは

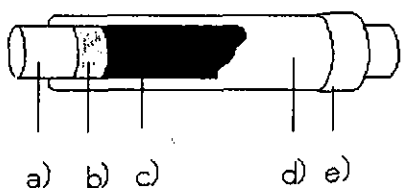
室内化学物質とその濃度に関する情報を得るには一般に空気を吸着材に捕集（サンプリング）して、分析を行う方法がとられている。サンプリング方法には、主として 3.1 節で述べたアクティブ法と本節述べるパッシブ法に大別される。

アクティブ法に対しパッシブ法は特別に動力を加えることなく、受動サンプリングを指す。パッシブサンプリングは分子拡散と吸着剤への吸着を応用した方法で、分子拡散で移動する分子の量が濃度勾配に比例する原理を利用している。パッシブ法のこの特徴から、アクティブ法と同程度の精度で室内化学物質とその濃度を測定しようとする場合、充填剤やサンプリング時間などが重要な要素となる。

（2）パッシブ法の測定原理

1) 有機溶媒用パッシブサンプラー

活性炭の界面上において、Van der Waals の力により気体中の分子が引きつけられる物理吸着が起こる。パッシブサンプラーはこの吸着を利用して空気中のガスを捕集する。活性炭と気体の間に拡散帯として、開口率 50% のテフロン管を設置することで、活性炭にガスが吸着する速度が湿度やガス流速の影響を避け、吸着速度の安定化が図られる。図 3.2.1 の有機溶媒用パッシブサンプラーの構造とその特性を示す。



- a) PTFE 栓 d) PTFE チューブ
 b) ウレタンフォーム e) アルミニウムリング
 c) 活性炭 20~40 メッシュ 200mg

活性炭は、ヤシ殻などを高温でガスや薬品と反応させて炭を活性化したもので、直径 10~200 Å の微細孔が炭素内部に網目状に構成されており、その微細孔の壁が 1 グラム当たり 500~2500 平方メートルの表面積を持つ。

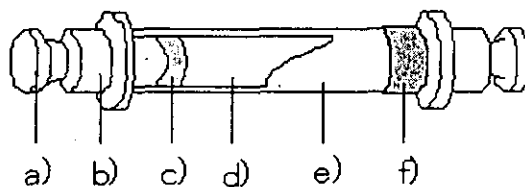
安定性を得るため、活性炭の粒子を 20~40 メッシュで選別し、高度に洗浄している。

図 3.2.1 有機溶剤用パッシブサンプラー構造

2) アルデヒド・ケトン類用パッシブサンプラー

DNPH

(2,4-Dinitrophenylhydrazine) をシリカゲルに含浸したものを吸着剤として、アルデヒド・ケトン類を吸着固定する。気体と吸着剤の間に拡散帯として、開口率 50% のテフロン管を設置することで、外乱影響を避け、吸着速度の安定化が図られる。図 3.2.2 に DNPH パッシブサンプラーの構造を示す。



- a) プラグ d) DNPH含浸シリカゲル
 b) ルアーコネクター e) PTFEチューブ
 c) フィルター f) アルミリング

サンプリングレートは 3.9 μ g/[ppm·min]、抽出溶剤はアセトニトリルである。

図 3.2.2 DNPH パッシブサンプラーの構造

(3) パッシブ法の長所と短所

アクティブ法と比較した場合のパッシブ法の長所・短所を以下に示す。

長所：① 小型で軽量；② 安価；③ ポンプなどのサンプリング補助器を使用しない；④

取り扱いが容易；⑤ 長時間の平均濃度を測定できる

短所：① アクティブ法に比較し測定値のバラツキが多少ある；② 捕集量が少ないため感度が低い；③ 対象ガスによって捕集量の補正が必要（参考にサンプリングレートを表 3.2.1、3.2.2 に示す）

サンプリンググレーートの算出は Parallel-Pore-Model を用いている。

$$Dea = \epsilon / \tau \times (1 / (1/Dka(re)) + a(re)) + (1/Dab))$$

$$Dka = 3.067r(T/Mw) \cdot 2$$

表 3.2.1 各種ガスの有機溶剤用パッシブサンプラーのサンプリングレート

測定対象物質名	分子量	サンプリングレート μg/[ppm・min]	抽出溶媒等
クロロホルム	119.4	0.241	CS2
四塩化炭素	153.8	0.288	CS2
1,2-ジクロロエタン	98.96	0.216	CS2
1,2-ジクロロエチレン	96.94	0.236	CS2
1,1,2,2-テトラクロロエタン	167.8	0.237	CS2
トリクロロエチレン	131.4	0.238	CS2
アセトン	58.08	0.097	CS2
イソブチルアルコール	74.12	0.088	CS2
イソプロピルアルコール	60.1	0.066	CS2
インペンチルアルコール	88.15	0.096	CS2
エチルエーテル	74.12	0.165	CS2
キシレン	106.2	0.186	CS2
酢酸イソブチル	116.2	0.179	CS2
酢酸イソプロピル	102.1	0.163	CS2
酢酸エチル	88.11	0.186	CS2
酢酸ブチル	116.2	0.196	CS2
酢酸プロピル	102.1	0.191	CS2
酢酸ペンチル	130.2	0.203	CS2
酢酸メチル	74.08	0.173	CS2
1,4-ジオキサン	88.11	0.168	CS2
ジクロロメタン	84.93	0.211	CS2
N,N-ジメチルホルムアミド	73.09	0.096	CS2

スチレン	104.2	0.155	CS2
テトラクロロエチレン	165.8	0.304	CS2
テトラヒドロフラン	72.11	0.154	CS2
1,1,1-トリクロロエタン	133.4	0.269	CS2
トルエン	92.14	0.180	CS2
ノルマルヘキサン	86.18	0.179	CS2
1-ブタノール	74.12	0.056	CS2
2-ブタノール	74.12	0.088	CS2
メチルイソブチルケトン	100.2	0.184	CS2
メチルエチルケトン	72.11	0.094	CS2
メチルブチルケトン	100.2	0.121	CS2
ベンゼン	78.11	0.178	CS2
DNPH		3.9	アセトニトリル

表 3.2.2 計算によるサンプリングレート

測定対象物質名	分子量	サンプリングレート $\mu\text{g}/[\text{ppm}\cdot\text{min}]$	抽出溶媒等
○二硫化炭素	76.14	0.171	Toluen 30 min FPD)
○エチレングリコールモノエチルエーテル	90.12	0.229	5% Mtol+Methylene Chloride
○エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート	132.2	0.191	CS2
●エチレングリコールモノブチルエーテル	118.2	0.256	5% Mtol+Methylene Chloride
○エチレングリコールモノメチルエーテル	76.1	0.150	5% Mtol+Methylene Chloride
○オルトージクロルベンゼン	147	0.269	CS2
○クロルベンゼン	112.6	0.188	CS2
●酢酸イソペンチル	130.2	0.186	CS2
○シクロヘキサノール	100.2	0.187	5% 2-propanol+cs2
●メチルシクロヘキサノン	114.2	0.192	CS2

○：PP-Model による計算値；●：PP-Model による計算値、及び拡散係数値が計算値

3.2.2 文献調査結果

文献調査はアルデヒド類と VOCs を対象に、主として“試料の採取方法”、“分析方法”、“内容概要”、“主な結果”について行った。また、試料の採取方法と分析方法について以下に示す細項目を設けている。

試料の採取：サンプリング方法、充填剤、製品名、捕集時間

分析方法：抽出法、測定装置

表 3.2.3 にパッシブ法によるカルボニ類の測定に関する文献－測定と分析方法、表 3.2.4 にパッシブ法によるカルボニ類の測定に関する文献－出典、表 3.2.5 にパッシブ法による VOCs 測定に関する文献－測定と分析方法、表 3.2.6 にパッシブ法による VOCs 測定に関する文献－出典を示す。以下に、アルデヒド類と VOCs のそれぞれについて述べる。

(1) アルデヒド類 (表 3.2.3、表 3.2.4)

1) 製品名

調査対象論文数は 85 件があった。製品名について記述のない 14 件を除いた 71 件の内訳は、DSD-DNPH (スペルコ製) 29 件 (41%)、パッシブガスチューブ (柴田科学製) 14 件 (20%)、Sep-Pak Xposure (ウォータース製) 6 件 (8%)、その他 22 件 (31%) であった。その他のなかには DNPH サンプラー、純水、TEA 溶液などが含まれている。

2) 充填剤

記述のない 12 件を除いた 73 件の内訳は、DNPH 55 件 (75%)、TEA 11 件 (15%)、その他 7 件 (10%) であった。その他のなかには TEA、DNPH バイアル瓶、TFBA などが含まれている。

3) 捕集時間

記述のない 16 件を除いた 69 件の内訳は、捕集時間が >24 時間 3 件 (4%)、24 時間 48 件 (70%)、8 時間 3 件 (4%)、その他 15 件 (22%) であった。その他のなかには捕集時間を変えて測定するものが含まれている。また、最も短い捕集時間は 30 分であるが、DNPH 添着量が少ないため分析時の汚染が見られたとされている (No.79)。

4) 抽出方法

記述のない 40 件を除いた 45 件の内訳は、アセトニトリル 36 件 (80%)、溶媒抽出 4 件 (9%)、その他 5 件 (11%) であった。その他のなかにはシクロヘキサン、AHMT、ジクロロメタンなどが含まれている。

5) 測定装置

記述のない 19 件を除いた 66 件の内訳は、HPLC 50 件 (76%)、AHMT 9 件 (14%)、吸光光度法 3 件 (5%)、その他 4 件 (5%) であった。その他のなかには GC-MS、オートアナライザなどが含まれている。

6) アクティブ法との比較

調査対象のなかでは、パッシブ法のみならず、アクティブ法も同時に測定し、両方法の比較を行った文献は少なくない。文献 85 件のうち、両方法を同時に用いたのは 26 件 (31%)

であった。その 26 件における両方法を比較した結果、両方法の間に相関がよい結果を得たのは 18 件、場合によっては相関が認められなかったのは 2 件であった。その 2 件中の 1 件は高温・多湿環境下では大きな差異が認められたとの報告である (No.70)。もう 1 件は製造者によっては差が認められたとの報告である (No.78)。

(2) VOCs (表 3.2.5、表 3.2.6)

1) 製品名

調査対象論文数は 81 件があった。製品名について記述のない 11 件を除いた 70 件の内訳は、自作 20 件 (30%)、パッシブガスチューブ (柴田科学製) 11 件 (16%)、3500 OVM (3M 製) 11 件 (16%)、VOC-SD (スペルコ製) 10 件 (15%)、その他 15 件 (23%) であった。その他のなかには有機ガスモニタ (3M 製)、特注品 (柴田科学) が含まれている。

2) 充填剤

記述のない 18 件を除いた 63 件の内訳は、活性炭 22 件 (35%)、Tenax 13 件 (21%)、カーボン系 8 件 (13%)、その他 20 件 (31%) であった。その他のなかには TEA、carbopackB、カーボンモレキュラーシーブなどが含まれている。

3) 捕集時間

記述のない 13 件を除いた 68 件の内訳は、24 時間 37 件 (54%)、>24 時間 21 件 (31%)、その他 10 件 (15%) であった。その他のなかには捕集時間を変えて測定するものが含まれている。また、サンプラーを用いた測定で捕集時間が最も短いのは 2 時間であった (No.42)。No.42 は同時に行ったアクティブ法との間により相関を示したと報告している。

4) 抽出方法

記述のない 18 件を除いた 63 件について見ると、二硫化炭素による抽出は 31 件と最も多く、ほかに加熱脱離は 15 件、トルエン 10 件、その他 10 件であった。その他のなかには、ジクロロメタン、ガソリンなどがであった。

5) 測定装置

記述のない 17 件を除いた 67 件の内訳は、GC-MS 34 件 (51%)、GC-FID 15 件 (22%)、GC-ECD 10 件 (15%)、その他 8 件 (12%) であった。その他のなかには GC-MS と GC-ECD と GC-MS または GC-FID を同時に用いた報告が含まれている。

6) アクティブ法との比較

文献 81 件のうち、パッシブ法とアクティブ法を同時に用いたのは 12 件 (15%) であった。12 件における両方法を比較した結果、両方法の間に相関がよい結果を得られたのは 8 件、相関が認められなかった 3 件 (No.34,57,74)、製造者によっては差があるのは 1 件 (No.77) であった。

3.2.3 考察

冒頭に述べた通り、文献調査の目的はパッシブ法によるアルデヒド類と VOCs 測定の現

状を把握するとともに、本研究委員会が次年度実施する予定の全国規模の調査におけるパッシブ法の適用について必要な情報を得るためである。この意味で、パッシブ法においては、いわゆる精密法とされているアクティブ法との比較が必要である一方、充填剤と捕集時間についての検討も重要である。ここでは、アルデヒド類と VOCs のそれぞれについて、パッシブ法の充填剤、捕集時間、及びアクティブ法との比較について考察を行う。

(1) アルデヒド類

充填剤については、記述のある 71 件のうちの 75% は DNPH であった。このことから DNPH が主流となっていることがわかる。また TEA の 15% と併せて全体の 90% になっている。充填剤を DNPH としたサンプラーの製造者はスペルコとウォーターズ、TEA の製造者は柴田科学である。一方、製品名の調査結果ではスペルコとウォーターズの占める割合は 49%、柴田科学は 20% になっている。このことから、現在用いられているサンプラーの主流は DNPH と TEA であり、その製造者は主として上記の 3 社であることがわかった。

捕集時間については、24 時間が圧倒的に多かった (70%)。これはパッシブサンプラーの捕集特性の面もあるが、殆ど住宅を調査対象としたためである。また、サンプリング時間を変えて研究を行ったものと捕集時間を ≤8 時間としたものを併せて全体の 22% を占める。そのなかにはサンプラーを用いて捕集時間を 30 分とした試みがなされているものもあるが、まだ研究段階である。

オフィスビルにおける測定を行う場合、室内執務時間の平均状態を把握するとの意味で捕集時間を 8 時間前後とするのは妥当であると思われる。しかし、今回調査対象文献のなかには捕集時間を 8 時間とした測定例が僅か 3 件であった (No.71,75,77)。No.71 では学校環境における測定の報告で、アクティブ法と殆ど同じ値を示すものもあれば、低めな値が見られたものもあると報告している。No.75 は主としてグルタルアルデヒドについて検討した結果の報告である。No.77 は NPO の立場から、市販の 3 種類パッシブサンプラー (何れも DNPH 充填剤) に対するフィールド検証の結果報告である。検証の結果、パッシブサンプラーは 8 時間あるいは 24 時間サンプリングでアクティブ法と同等、或いはそれに近い信頼性のあるものとしながら、サンプリング時間による差があったと報告している。

パッシブ法とアクティブ法の比較については、調査対象は 26 件があり、そのうち場合によっては相関が認められなかったのは 2 件、高温多湿環境下で大きな差が生じたのは 1 件 (No.70)、製造者によって差があるとしたのは 1 件 (No.78) であった。

(2) VOCs

充填剤については、調査対象文献のうち充填剤について記述のある 63 件の 69% は活性炭、Tenax、またはカーボン系のものであった。一方、カーボン系の製造者スペルコと活性炭の製造者柴田科学のサンプラーを合わせると 48%、自作の Tenax を加えると 69% になることがわかった。

捕集時間については、24 時間とそれ以上を合わせると全体の 85% に達する。これは前記のアルデヒド類と同じように、パッシブサンプラーの捕集特性の面のほか、殆ど住宅を調

査対象としたためである。また、サンプラーを用いた測定で捕集時間を 8 時間以下の報告は 5 件 (8%) があった。そのなかには捕集時間 2 時間で、パッシブ法とアクティブ法の間により相関関係が認められたとの報告があった (No.42)。

パッシブ法とアクティブ法の比較については、調査対象は 12 件があり、そのうち相関が認められなかったのは 4 件であった (No.34,57,74,77)。

以上の結果を総合すると、本委員会の次年度実施する予定の全国規模の測定においては、アルデヒド類と VOCs のパッシブ法が適用できると思われる。しかし、文献調査結果に示されているように、製造者や捕集時間による測定値のバラツキが認められた。従って、全国調査を実施する前にフィールドにて数種類のサンプラーと異なる捕集時間による使用可能なサンプラーの種類と適正な捕集時間についての検証が必要である。

3.2.4 まとめ

この節では、パッシブ法に関する一般事項及びパッシブ法を中心とした文献調査の結果について述べた。文献調査結果から得られた主な知見を以下に示す。

- ① パッシブ法はサンプリングにおいて動力を必要とせず、簡便であることから多くの研究に用いられている。
- ② パッシブ法による測定値の信頼性がサンプリング方法と分析方法に左右される。分析方法はアクティブ法と同様であるが、サンプリング方法においては主として充填剤と捕集時間が重要である。
- ③ アルデヒド類の充填剤については、DNPH と TEA が全体の 90% に達する。VOCs の充填剤については、カーボン系、活性炭と Tenax を合わせると全体の 69% を占める。
- ④ アルデヒド類と VOCs の何れについても、パッシブ法のサンプリング時間が 24 時間以上の研究報告が多いが、8 時間とそれ以下の研究報告も見られた。捕集時間 8 時間以下の研究報告を見る限り、パッシブ法と同時に行ったアクティブ法の間により相関関係を示す報告例が比較的が多いが、サンプラーの製造者や捕集時間によるバラツキが見られた。
- ⑤ 次年度測定の対象と規模を勘案して、測定を実施する前にフィールドにて使用可能なサンプラーの種類と適正な捕集時間を把握するための検証実験を行う必要がある。

表 3.2.3 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献 - 測定と分析方法

No.	測定対象物質	サンプリング法	充填剤	製品名	捕集時間	抽出法	測定装置	概要	主な結果
1	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	不明	アセトニトリル	HPLC	住宅の実測	ホルムアルデヒドの経時的変化は見られず
2	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	東北地方の住宅実測	指針値を超えない結果
3	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	新築集合住宅の実測と放散速度	カルボニル化合物の放散量が少なかった
4	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	アセトニトリル	HPLC	宮城県内の50件の実測	指針値を上回る住宅が多くあった
5	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	不明	アセトニトリル	HPLC	リフォーム後の測定	アセトアルデヒドがリフォームで多く検出
6	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド	パッシブ法	不明	不明	不明	不明	不明	学校の実測	症状とホルムアルデヒド濃度の相関が高い
7	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	24 hrs	溶媒抽出	HPLC	戸建て住宅の夏季冬季の実測	どの物質も指針値以下
8	カルボニル化合物	パッシブ法	不明	不明	不明	不明	不明	住宅の実測	各住宅の実測結果とアンケート、放散量の検討
9	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	住宅の実測	ホルムアルデヒドは指針値以下
10	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	東北地方の住宅の実測	ホルムアルデヒドと換気回数との関係
11	ホルムアルデヒド	パッシブ法	不明	パッシブガスチューブ (炭田)	24 hrs	不明	不明	中国内の住宅, オフィスの実測	中国国家基準の6倍の濃度を検出
12	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	7 hrs, 24 hrs	不明	不明	学生寮の濃度を1日と睡眠時に分けて測定	季節や生活パターンにより指針値を超えることがある
13	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, アセトン	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	24 hrs	不明	不明	パッシブ放散速度測定のための基礎実験	経過時間と放散速度の関係を検討した
14	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	不明	住宅におけるパッシブとアクティブの測定	パッシブ法との相関を取り、濃度補正後の関係を示した
15	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	不明	HPLC	東北地方における住宅の実測	指針値をどの値も下回った
16	カルボニル化合物	パッシブ法	不明	不明	不明	不明	HPLC	住宅の全国調査	データの統計処理を行った
17	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA/バイアル瓶, DNPH/バイアル瓶	自作	不明	不明	吸光高度分析, HPLC	美術館測定への応用	十分低濃度であった
18	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, アセトン	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	0.5~24 hrs	不明	不明	パッシブ放散速度測定のための基礎実験	放散量測定の際の捕集時間の検討を行った

表 3.2.3 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	Sep-pak Xposure(Waters)	24 hrs, 1 week	アセトニトリル	HPLC	新潟県の住宅の実測	築5年以内の住宅は濃度が高くなる傾向に 温度により捕集量に差が認められた 室温・換気量との関係を示した 使用建材の種類、床暖房と空気濃度を示した 換気開始からの室内濃度経時変化から平衡状態になるまでを予測した 床の放散量寄与率は6.7割になる アクティブ法と同様の傾向を示した 各層ごとのホルムアルデヒド濃度の結果を示した 換気、築年数、気密性能と濃度の関係を示した パッシブとアクティブ法の比較を行い、性能の評価を行った デシケータ値とシールした材料による値の比較 曝露時間と捕集量についてよい相関を得た 放散量測定に際し、養生条件について検討 ワックスなどからの放散量を測定した シリコンシートを用いてチャンバーの気密性を向上 換気効率との関係を示した 暮らし方による濃度の違いについて示した アセトアルデヒドについては指針値を超える結果 住戸間にばらつきがあった すべての住宅で指針値を下回った
19	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	Sep-pak Xposure(Waters)	24 hrs, 1 week	アセトニトリル	HPLC	新潟県の住宅の実測
20	ホルムアルデヒド	パッシブ法		不明	不明	HPLC	パッシブサンプリングの温度影響	
21	ホルムアルデヒド	パッシブ法		不明	不明	AHMT	ソーラー住宅での実測	
22	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEAシリカゲル	不明	不明	AHMT	住宅室内の実測	
23	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEAシリカゲル	パッシブガスチューブ(柴田)	不明	AHMT	低ホルム建材を使用した集合住宅の実測	
24	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEAシリカゲル	パッシブガスチューブ(柴田)	不明	AHMT	部位別の放散量の測定	
25	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24~72		集合住宅における実測	
26	ホルムアルデヒド	パッシブ法		パッシブガスチューブ	不明	AHMT	集合住宅における実測	
27	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	Sep-pak Xposure(Waters)	不明	HPLC	新潟県の一戸建て住宅の実測	
28	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH	Sep-pak Xposure(Waters)	24 hrs, 7 days	HPLC	パッシブサンプリングの開発	
29	ホルムアルデヒド	パッシブ法		純水	不明	AHMT	デシケータ法による木材の放散量測定について	
30	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA	TEA溶液	不明	AHMT	パッシブ法の現場適応に関する検討	
31	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	HPLC	放散量測定に適合	
32	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DNPH		HPLC	スタティックヘッドスペース法への適用	
33	ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	24 hrs	HPLC	パッシブ放散測定方法の評価	
34	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	24 hrs	HPLC	集合住宅の実測	
35	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH	24 hrs	HPLC	集合住宅の実測	
36	ホルムアルデヒド	パッシブ法			不明		住宅の実測	
37	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs	HPLC	集合住宅の全戸調査	
38	カルボニル化合物	パッシブ法	DNPH	DSD-DNPH (スベルコ)	24 hrs		宮城県内の住宅の実測	

表 3.2.3 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

54	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA			パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	吸光度法 (550nm)	健康被害があり相殺が持ち込まれた案件について調査した。築5ヶ月の新築ビル、改装2ヶ月のビルと49件の住宅。	新築ビルでは22.2%の人が何らかの症状を訴えた。一般住宅では症状有の人と無しの人との間で約1桁ほど症状有群で優位に高かった。
55	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA			10%トリエタノールアミン吸収液を入れたビンを放置	24 hrs	吸光度法 (550nm)	バイアルビンに10%トリエタノールアミン溶液を入れ、フッ素樹脂膜でカバーし放置後AHMTで発色させる方法を開発した。	供給適度とよく一致した。湿度影響は無かったが、測定可能な温度範囲は20±17°Cであった。試料間ばらつきは3%、DNPHとの差は4~38%だった。
56	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA			パッシブガスチューブ (柴田科学)	24 hrs	吸光度法 (550nm)	AHMTで発色させる方法で、首都圏の実態調査を行った。1年2ヶ月にわたり経過を観察した。	新築住宅で6ヶ月経過後1/2まで濃度が下がったものや、全く変化がない物など、経過はさまざまであった。
57	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TEA	過酸化水素		パッシブガスチューブ (柴田科学)		HPLC-UV	TEAの発色試薬をDNPHに変えたもの。塩酸酸性調製 (HCHO遊離させる?) 後DNPHと反応させる方法を検討した。DNPHとアクティブ法と比較した。	TEA-DNPH法とアクティブ法は良いそう考えられた。TEAをAHMTで発色させる従来の方法は感度面で問題があったが、DNPHを発色し焼くとすることで改善できた。
58	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		Xposure (Waters)		24 hrs	HPLC-UV	アセトニトリル	アクティブ法と良い相関が認められた。一般住宅で測定した結果もアクティブ法と良い一致を示した。湿度は30~80%の間で影響は見られなかった。
59	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		DSD-DNPH (スベルコ)		30 mins	HPLC-UV	アセトニトリル	サンプレットは理論値よりも速くなった。レートを曝露時間に変化する(長時間になると遅くなる) 為と思われ、シミュレーションしたところ、計算値とよく一致した。アクティブ法とも良い相関を示し、アクティブによる30分測定の代替として使用できる。
60	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		パッシブガスチューブ DNPH (柴田科学)		24 hrs	HPLC-UV	アセトニトリル	DSD-DNPHの捕集部を2段連結し、短時間捕集用サンプレターを用いた。
61	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		DSD-DNPH (スベルコ)		24 hrs	HPLC-UV	アセトニトリル	関東近郊の築3年以内の住宅を測定。築20年の部屋も測定し比較対照とした。アクティブ測定も併行比較した。
62	ホルムアルデヒド	パッシブ法	TFBA		TFBA-P		24 hrs	GC/MS	アセトニトリル	市販品に添付されるものは妥当性が確認されなかった。チャンバー実験から算出したが、粉塵のレートを計算値より低かった。
63	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		自作 (ファイタターに添加)。片面オープンのパッシブ形状		3 days	HPLC-UV	アセトニトリル	DNPHによるアクティブサンプリングと良い相関が認められた。サンプレターは室温保存可。浴出試も2ヶ月安定。変異原性が弱い。GC/MSで測定できる。
64	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNSH(dansylhydrazine)		自作 (シリカゲル-C18カートリッジL18(スベルコ)にDNSHを添加)。PAKS		24-48 hrs	HPLC-FL (励起240nm、検出470nm)	60°C加熱で誘導化後アセトニトリルで抽出	作業環境中のホルムアルデヒドは21.6ppbから61.2ppbの範囲であった。
65	ホルムアルデヒド	パッシブ法	0.08MNaOH + 0.1mM1-ヒドロラフアラジン		自作		30mins, 60mins	FL (励起236nm、検出389nm)	100°C25分加熱し純水で定容	感度の面で、DNPHより高感度。
66	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNPH		DSD-DNPH (スベルコ)		24 hrs	HPLC-UV (360nm)	アセトニトリル	液滴法パッシブサンプリング装置を開発
67	アルデヒド類、ケトン類	パッシブ法	DNPH		570 Serie formaldehyde Dosimeter Badge (GMD System Inc)			HPLC-UV (345nm)	アセトニトリル	検出限界は0.072-0.13ppb。アクティブ法とも良い相関が得られた。

表 3.2.3 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

68	ホルムアルデヒド	パッシブ法	DNP		特に示さず	1.5 mins ~ 24 hrs	アセトニトリル	HPLC(360nm)	センサー、アクティブを含めた様々な手法の紹介	パッシブ法の分析精度はVOCの場合±20-25%、ホルムアルデヒド等の場合±10-15%
69	ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド	パッシブ法	PFBOA		自作(シリカゲルにまぶしてガラスチューブに詰める)	24 hrs	シクロヘキサン	GCMS	アクティブ法とパッシブ法の両方法	パッシブ法とアクティブ法とは良い関係を示した。パッシブ法の検出限界はホルムアルデヒドで0.0156mg/m ³ 、アセトアルデヒドで0.0382mg/m ³ 。
70	ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、アクロレイン	パッシブ法	DNP		DSD-DNPH (スベルコ)。	24 hrs	アセトニトリル	HPLC-UV(360nm)	検出限界: 0.072-0.13 ppb、定置限界: 0.24-0.42 ppb	アクティブ法と比較。良い一致をみたものの、高温、多湿環境下では大きな差異を生じた。
71	HCHO	アクティブパッシブ	DNP		アクティブ法: D社; パッシブ法: ACT社とF社	アクティブ法: 30mins; パッシブ法: 8hrs	溶媒抽出	HPLC	学校環境におけるパッシブ法の精度についての検討。	パッシブ法ACT社はアクティブ法と殆ど同じ値であるが、F社は一部数値が近いものもあるが、相対的に濃度が低かった。
72	アセトアルデヒド	アクティブパッシブ	DNP		DNPパッシブサンプラー (製作品)	24 hrs	アセトニトリル	HPLC-UV	DNPパッシブサンプラーについて、アセトアルデヒドのサンプリングレートと算出し、環境影響についての検討を行った。また、実際の室内において、アクティブ法との比較も行った。	DNPパッシブサンプラーは、ホルムアルデヒドだけではなく、アセトアルデヒドの測定において、アクティブ法との相関が良好であった。
73	アルデヒド類	アクティブパッシブ	DNP		アクティブ法: Sep-Pak XpoSure (ウォータース製); パッシブ法: DNPパッシブサンプラー (柴田科学製)	アクティブ法: 0.2mL/min; パッシブ法: 24hrs	アセトニトリル	HPLC	パッシブ法でもアクティブ法の測定しうる方法を検討した結果の報告。	[1] 24時間パッシブ法サンプリングした試料から、少なくとも10種類以上のアルデヒド・ケトン類を定量可能なピークとして確認できた。 [2] パッシブサンプラーで気中の多種類のアルデヒドを採取し、高感度で測定すること
74	HCHO	アクティブパッシブ	アクティブ: DNP; パッシブ: TFBA		アクティブ法: DNPサンプラー; パッシブ法: TFBA-P	24hrs	アセトニトリル	GC/MS, HPLC	TFBA (O-(4-トリフルオロメチルペンジルヒドロキシアルミニウム)を捕集剤としたパッシブサンプラーへの応用展開を検討した結果の報告。	フィールド測定とチャンバ試験より、TFBAパッシブサンプラーは、24時間の捕集により室内空気中ホルムアルデヒド濃度を測定できることが分かった。
75	グルタルアルデヒド	アクティブパッシブ	DNP		アクティブ法: IpDNPHサンプラー (スベルコ製); パッシブ法: DSD-DNPH (スベルコ製)	8hrs	アセトニトリル	HPLC	パッシブサンプラーによる、病院等において医療器具の消毒殺菌に使用されているグルタルアルデヒドの測定方法の検討を行い、8時間曝露時における濃度換算係数(1 g/ppm/h)の算出及び実測調査を行った。	濃度換算係数は9.7(1 g/ppm/h)と求められ、パッシブ法による簡易測定が可能であることが分かった。
76	HCHO	パッシブ	TEA		パッシブサンプラー (柴田科学製)	不明	AHMT	アートアナライザ	パッシブサンプラーのオートアナライザーII型による分析について検討した。	自動分析による多量検体の分析が、精度良く、短時間(手動分析の1/5)で測定可能となり、本法はフィールド調査に応用できる。
77	HCHO	アクティブパッシブ	DNP		アクティブ法: Sep-Pak XpoSure (ウォータース製); パッシブ法: F-50, DSD-DNPH, DNP(exposure)	8hrs, 24hrs	溶媒抽出	HPLC	NPOの立場から、市販されている3種類のパッシブサンプラーに対するフィールド検証を行った。	[1] パッシブサンプラーは8時間あるいは24時間サンプリングでアクティブ法と同等、あるいはそれに近い信頼性があり、居住住宅における平常時の平均曝露濃度を推定する場合に適切なものである。しかし、 [2] パッシブサンプラーを用いた3回のフィールド試験だけでなく、サンプリング時にによる精度の差があった。

表 3.2.3 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献 - 測定と分析方法 (つづき)

78	アルデヒド類	アクティブ パッシブ	DNPH, 検知管	アクティブ法: a, f, e 社 パッシブ法: a, b, d, f 社	30 mins 24 hrs	溶媒抽出	HPPLC	新築住宅2軒計4室内において、複数のサンプルによる室内化学物質濃度を測定し、その結果を比較した。	<p>[1] アクティブ法に関しては、30分及び24時間ともメーカーによる差異はあまり見られなかった。</p> <p>[2] パッシブ法については、aとd社が24hのアクティブ法と比べるとやや高値であり、30分のアクティブ法に近い濃度であった。</p> <p>[3] 検知管はアクティブ法の2倍の値を示した。</p>
79	HCHO	パッシブ	DNPH	試作品	30 mins	アセトニトリル	HPPLC	マイクロサンプラと珪砂担体を用いて脱離液を全量HPPLCに導入する方法で試料空気量を最小にし、30分パッシブサンプリングできる方法を開発した。	DNPH添着量が少ないためにブランク値0.004ugと小さいが、分析時の汚染が見られた。今後さらに検討する必要がある。
80	アルデヒド類	アクティブ法	DNPH	アクティブ法: Sep-Pak XpoSure (ウォータース製); パッシブ法: DNPHサン プラー	不明	ジクロロメタン	HPPLC	二重結合を持つアルデヒド (アクロレイン、クロトンアルデヒド) の分析に関する注意すべき点についての報告。	アクロレイン・ヒドロン、クロトンアルデヒド・ヒドロンについても、常温保存から20分で半分以下となった。また、この結果より、常温状態での減少速度を考慮すると、現在までに報告されているアクロレイン、クロトンアルデヒドの量について、実験条件によっては低く報告されている可能性もあることが示唆された。
81	HCHO	アクティブ パッシブ	DNPH	アクティブ法: Sep-Pak XpoSure (ウォータース製); パッシブ法: DNPHサン プラー	24hrs	アセトニトリル	HPPLC-UV	DNPHパッシブサンプリングとSep-Pak XpoSureを用いたアクティブ法の比較を行った。	実測の濃度範囲100~300ppbにおいては、DNPHパッシブサンプリングとの間の相関が認められた。
82	HCHO	パッシブ	DNPH	DSD-DNPH	24hrs	アセトニトリル	HPPLC	ホルムアルデヒドパッシブサンプリングに関しては、捕集性能と温度、湿度、風速など環境条件との関係を検討した。	<p>[1] 捕集量は暴露時間とともに一次的に増加し、捕集量はばらつきは変動係数で2.4~4.5%であった。</p> <p>[2] 風速0.2~4.0m/sの範囲では、捕集量は一定で変化がない。</p> <p>[3] 湿度による影響が見られなかった。10~35℃範囲では大きな変化はない。</p>
83	アルデヒド類	アクティブ パッシブ	DNPH	Sep-Pak XpoSure (ウォータース製); パッシブ法: DNPHサン プラー	24hrs	アセトニトリル	HPPLC-UV	第1報で報告したDNPHパッシブサンプリングを改良し、ホルムアルデヒドについてサンプリングレートの算出、環境影響についての検討を行った。また、実験の室内において、アクティブ法と本サンプリングを使用したパッシブ法との比較測定を行った。	<p>[1] サンプリングレートは3.911 g/ppm·hr、吸引速度は50ml/min。</p> <p>[2] 温度10~30℃、30~70%の範囲では、ほとんど影響を受けない。</p> <p>[3] アクティブ法との間に良好な相関関係がある。</p>
84	HCHO	パッシブ	DNPH	パッシブサンプリング (柴田科学製)	24hrs	アセトニトリル	HPPLC	市販のパッシブサンプリングにより捕集したFAをりん酸酸性下でDNPHと反応させる、より簡易で安全性の高いHPPLC定量法の検討。	<p>既存法U11アクティブサンプリング-HPPLC分析」はポンプが必要とする、②「パッシブサンプリング-比色分析」は類似物質の影響、定置操作が煩雑、との問題点がある。開発した方法「パッシブサンプリング-HPPLC分析」は上記の問題を解決</p>
85	HCHO	アクティブ パッシブ	DNPH	開発品 (柴田科学)	不明	アセトニトリル	HPPLC-UV	DNPHを含ませたシリカゲル吸着剤として、開孔率50%のテフロンチューブに充填し、パッシブサンプリングを作成し、それについての検討結果報告。	DNPHは反応吸着であるために環境条件に左右されやすいことから、今後十分な検討が必要。

表 3.2.4 パッシブ法によるカルボニル類の測定に関連する文献一出典

No.	著者	タイトル	雑誌名	Vol.	No.	pp	年
1	岡垣大介・関根嘉香・岩田利枝	集合住宅の空気質に関する実測研究	日本建築学会学術便覧			877-878	2003
2	源城かほり・松本真一・田辺新一・長谷川兼一	東北地域の住宅における健康性に関わる室内環境の実態調査その4 2003年冬季における秋田県における空気質実測とPFT法を用いた換気量実測	日本建築学会学術便覧			881-882	2003
3	丸元典子・田淵誠一・淺井万里成・酒井聡至・松本仁・田辺新一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価その8 新築戸建住宅における放散速度実測	日本建築学会学術便覧			889-890	2003
4	天野健太郎・吉野博・松本麻里・鈴木薫高・飯田望・池田耕一・野崎淳夫・角田和彦・北條祥子・石川直	シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する調査研究その7 3ヶ年の調査概要と化学物質濃度の測定結果	日本建築学会学術便覧			901-902	2003
5	常名美貴・熊谷一清・篠原直秀・藤井真・飯尾昭彦・柳沢幸雄	リフォームによる室内化学物質および個人曝露量	日本建築学会学術便覧			905-906	2003
6	瀧澤のりえ・吉野博・高田英紀・大澤元毅・桑沢保夫・三田村輝章	学校における室内環境と児童生徒の健康に関する調査研究その3 新築校舎の各教室等における化学物質濃度と使用材料との関係	日本建築学会学術便覧			911-912	2003
7	淺井万里成・酒井聡至・松本仁・青木龍介・田辺新一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その3 戸建住宅実測調査における夏季・冬季の比較	日本建築学会学術便覧			841-842	2002
8	青木龍介・淺井万里成・酒井聡至・松本仁・田辺新一	パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その4 住宅の冬期実態調査	日本建築学会学術便覧			843-844	2002
9	源城かほり・松本真一・田辺新一・長谷川兼一	東北地域の住宅における健康性に関わる室内環境の実態調査 その3 2002年冬季における秋田県の高断熱高気密住宅の空気質実測	日本建築学会学術便覧			915-916	2002
10	吉野博・大澤元毅・桑沢保夫・池田耕一・渡辺俊行・尾崎明仁・三田村輝章	シックハウスに関連した室内空気環境の総合的調査	日本建築学会学術便覧			925-932	2002
11	干頰・小林康彦	中国の住宅における室内空気質現状と法規制	日本建築学会学術便覧			925-926	2002
12	東英千代・疋田洋子	学生寮における暮らし方とホルムアルデヒド濃度の実測調査	日本建築学会学術便覧			937-938	2002
13	松本仁・青木龍介・阿久津太一・熊谷一清・田辺新一	建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法(ADSEC)の開発 その3~その5	日本建築学会学術便覧			851-856	2001
14	井/本孝一・山田裕巳	ホルムアルデヒド採取状況の違いによる気中濃度への影響 居住状態における24時間平均濃度と5時間間隔後の30分平均濃度との比較	日本建築学会学術便覧			857-858	2001
15	松本真一・源城かほり・田辺新一	東北地域の住宅における健康性に関わる室内環境の実態調査 その1 秋田県の高断熱高気密住宅における空気質の冬季実測	日本建築学会学術便覧			905-906	2001
16	池田耕一・村松鶴	住宅における化学物質汚染に関する実測調査 その3 居住空間における化学物質汚染汚染負荷特性	日本建築学会学術便覧			909-910	2001