

短報

室内空気中の VOC 測定用 パッシブサンプラーの フィールド試験による評価

辻 清美, 長谷川一夫, 伏脇裕一

Evaluation of Diffusion Sampler for Determination of VOC in Indoor Air by Field Examination

Kiyomi TSUJI, Kazuo HASEGAWA
and Yuichi FUSHIWAKI

はじめに

近年, 建材などに含まれる揮発性化合物 (VOC) 等の化学物質による室内空気汚染で体調をくずすシックハウス症候群が大きな問題となっている。現在までに厚生労働省によりトルエン等13物質の室内濃度指針値が定められており¹⁾, 室内空気中のVOC濃度を把握し, 健康影響やそのリスク評価をしていくことが求められている。

VOCの測定はサンプリングの際にポンプを用い, 空気を捕集管に吸着させるアクティブ法が標準とされているが¹⁾, ポンプの設置場所, 騒音, 操作性など実態調査に不向きな点が多い。これに対し, パッシブサンプラーによる室内空気中の VOC 測定法 (パッシブ法) は分子拡散を利用しているため, ポンプや電源を必要とせず, 小型軽量で簡便な測定方法である。パッシブ法による空気中濃度の算出は空気中濃度 C (ppb), 捕集量 W (ng), 捕集時間 t (h) とすると (1) 式が導かれる²⁾。

$$C = W / (\alpha \times t) \quad (1)$$

α : uptake rate (濃度換算係数) ng/(ppb・t)

α は濃度換算係数で物質固有の定数であるが, 実際のサンプリングではパッシブサンプラーを構成している多孔質チューブ等や適用濃度範囲等によってかわる可能性がある³⁾。 α を求めるには, チャンバー法やアクティブサンプリングとの相関により求める方法がある。今回は

パッシブサンプラーのメーカーが推奨している濃度換算係数を使用し, アクティブ法との比較により2種のパッシブサンプラーを用いたパッシブ法の評価を試みたので報告する。

実験方法

1 試薬及びサンプラー

試薬は二硫化炭素 (作業環境測定用試薬, 和光純薬工業) を用いた。標準試薬は和光純薬工業の室内環境測定用 VOCs 混合標準原液 (45種混合), 内部標準はトルエン- d_8 (99.6%, アイソテック社) を使用した。

パッシブサンプラーには溶媒離脱型のサンプラーA: VOC-SD (捕集剤, カーボンモレキュラーシーブ) シグマアルドリッチジャパン社スペルコ製とサンプラーB: パッシブガスチューブ (捕集剤, 椰子殻活性炭) 柴田科学社製を用いた。アクティブサンプラーには ORBO-91L (捕集剤, カーボンモレキュラーシーブ) シグマアルドリッチジャパン社スペルコ製を用いた。

2 装置及び測定条件

アクティブ用試料捕集ポンプ; GSP-250FT (ガステック)

ガスクロマトグラフ質量分析計; GC: HP5890,

MS: HP5972

カラム: DB-1 (60m x 0.25mm i.d., 1.0 μ m)

カラム温度: 40°C (5分保持) —10°C/分—300°C (3分保持)

注入口温度: 250°C

キャリアーガス: He (1 ml/min)

注入量: 1 μ l (スプリット1:10)

モニターイオン(m/z): トルエン (91, 92), パラジクロロベンゼン (146, 148), キシレン (91, 106), エチルベンゼン (91, 106), スチレン (104, 103)

3 試料捕集方法

パッシブサンプラーによる捕集は部屋の中央あるいは生活に支障をきたさない場所で, 高さ約1.2m 付近に取り付け, 24時間暴露した。同時に, ほぼ同じ位置でアクティブサンプラーをポンプに取り付け, 100 ml/分で24時間連続捕集した。

4 測定用試料の調製

サンプラー内部の吸着剤をバイアル瓶に移し, 二硫化炭素を2~5 mlと内部標準液 (トルエン- d_8) の一定量を加え, 時々かき混ぜながら2時間放置し, 溶出した。溶出液を GC/MS 測定用試料とした。ブランク試験は未使用のサンプラーを用い, 同様に溶出を行った。

5 定量

試料1 μ l を GC/MS に注入し, 内標法によりあらかじめ

め作成した検量線からサンプラーへの捕集量を算出した。

6 調査

2001～2002年にかけて神奈川県内の一般住宅（38戸）の居間あるいは寝室でパッシブ法（2種類）とアクティブ法により同時にサンプリングし、VOC 調査を行った。パッシブ法による空気中の VOC 濃度はそれぞれのメーカーが推奨している濃度換算係数を用いて平均室内濃度を算出した。

結果及び考察

未使用のパッシブサンプラーのブランク試験を行い、図1にその溶出液の GC/MS クロマトグラムを示した。パッシブサンプラーA はデカンの大きなピークが検出さ

れたが、パッシブサンプラーA（改良型）はほとんど検出されず、VOC 測定への影響は少ないことが判明したため、パッシブサンプラーA（改良型）を使用した。

サンプラーB はドデカン、テトラデカン等の脂肪族炭化水素化合物の大きなピークが検出され、これらの炭化水素化合物の測定には問題があることがわかった。

45物質の内、指針値が示されているトルエン、パラジクロロベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンを対象とし、アクティブ法による測定値とパッシブ法によって算出された測定値について解析した。それ以外のVOC は今回の調査において検出数が少なく、濃度が低かったため、解析から除外した。

1) トルエン

アクティブ法とパッシブ法との相関を図2に示す。サン

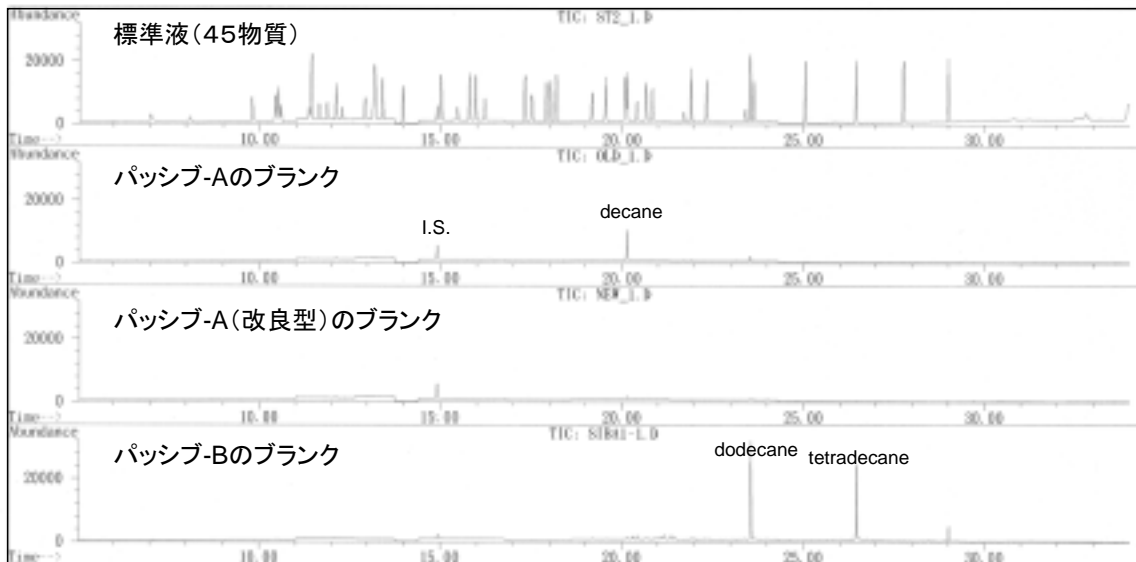


図1 パッシブサンプラーブランクの GC/MS トータルイオンクロマトグラム

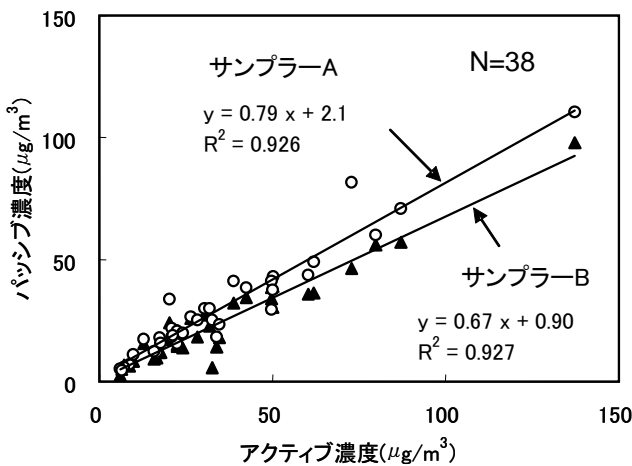


図2 アクティブ法とパッシブ法の比較
—トルエン—

プラーAは回帰式 $Y=0.79x + 2.1$, $R^2 = 0.926$, サンプラーBは回帰式 $Y=0.67x + 0.90$, $R^2 = 0.927$ であった。両方法はアクティブ法と良好な相関（有意水準1%）を示した。それぞれの濃度換算係数を用いて算出した濃度を比較すると回帰式の傾きが0.7と0.8となることから、サンプラーA とBはアクティブ法よりわずかに低い濃度を示すことが判明した。

2) パラジクロロベンゼン

アクティブ法との相関を図3に示す。サンプラーAは回帰式 $Y=1.2x + 4.2$, $R^2 = 0.983$, サンプラーBは回帰式 $Y=0.59x - 0.17$, $R^2 = 0.986$, であった。トルエンと同様に両方法ともに高い相関（有意水準1%）を示した。

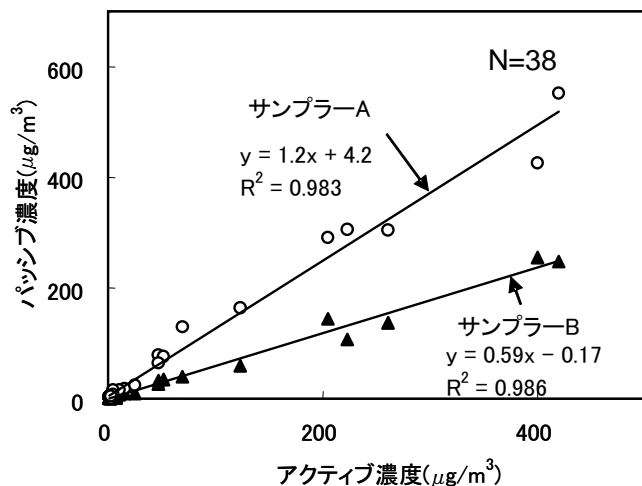


図3 アクティブ法とパッシブ法の比較
-パラジクロロベンゼン-

サンプラーB から算出された濃度はアクティブ法により得られた濃度の6割程度とかなり低い値を示し、濃度換算係数の見直しが必要と考えられた。一方、サンプラーAは小林らの報告⁴⁾と同様にパッシブ法がアクティブ法より高い傾向がみられた。

3) エチルベンゼン

サンプラーA、サンプラーBについて検討した(図4)。サンプラーAは回帰式 $Y=0.91x + 0.46$, $R^2 = 0.999$, サンプラーBは回帰式 $Y=1.1x - 3.7$, $R^2 = 0.998$ と非常に相関も高く(有意水準1%), 算出された濃度もよく一致した。1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近の値を除いてもサンプラーAは $R^2 = 0.991$, サンプラーBは $R^2 = 0.983$ と高い相関を示した。実試料であるため、指針値3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近くの値での比較はできなかったが、測定濃度範囲では良好な結果が得られた。

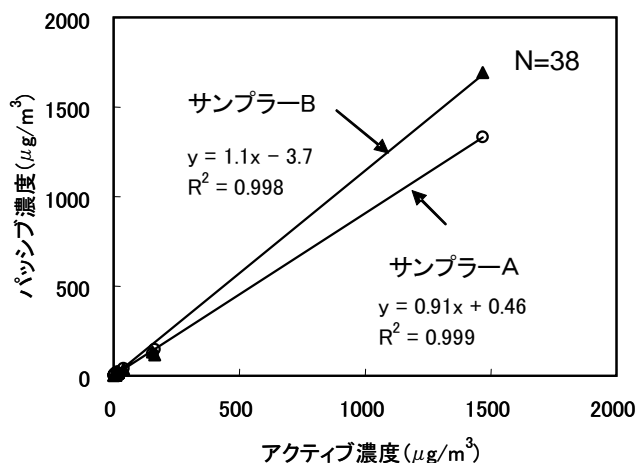


図4 アクティブ法とパッシブ法の比較
-エチルベンゼン-

4) キシレン

図5に示すように、アクティブ法とパッシブ法は有意水準1%で高い相関を示した(サンプラーA: $R^2 = 0.989$, サンプラーB: $R^2 = 0.983$)。サンプラーAは回帰式 $Y=0.89x + 2.1$, サンプラーBは回帰式 $Y=0.52x + 3.1$ であった。サンプラーAはアクティブ法とほぼ一致した値を示したが、サンプラーBから算出された濃度はアクティブ法による濃度の約5割程度と低い値であり、濃度換算係数の見直しが必要と考えられた。

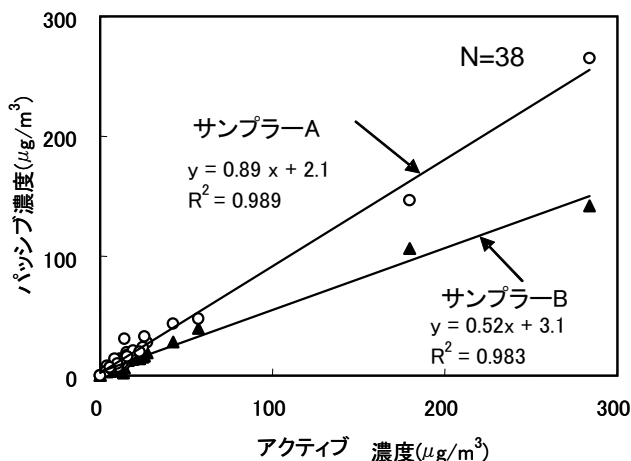


図5 アクティブ法とパッシブ法の比較
-キシレン-

5) スチレン

スチレンはサンプラーA: $R^2 = 0.935$, サンプラーB: $R^2 = 0.902$ と両方法ともにアクティブ法と比較的高い相関(有意水準1%)を示した。回帰式はサンプラーA: $Y=1.4x - 0.62$, サンプラーB: $Y=1.2x - 0.73$ であり、アクティブ法に比べて高い値となった。これは測定値が30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と低い範囲であることと、アクティブ法で用いた吸着剤ORBO91Lのスチレンの回収率に問題があるとの指摘⁵⁾があることから、スチレンに関しては今後、さらに、検討する必要がある。

まとめ

比較検討した室内濃度指針値が示されているトルエン、パラジクロロベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンについては、パッシブ法2種はアクティブ法と高い相関が認められた。サンプラーBはパラジクロロベンゼン、キシレンでアクティブ法による測定値に比べて5-6割と低い値を示したことから、濃度換算係数の見直しが必要である。サンプラーAは今回の測定範囲ではアクティブ法の測定値と比較的一致し、その実用性が認めら

れ、使用可能であることが明らかとなった。今回比較できなかつた VOC についても今後このような実態調査を積み重ねて、検討していくことが必要と考えられる。

本研究を行うにあたり、測定にご協力頂きました生活衛生課及び各保健福祉事務所環境衛生課の皆様へ深謝致します。

(平成17年7月22日受理)

文 献

- 1) 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法等について、医薬発第0207002号、平成14年2月7日
- 2) 山口貴史，真砂秀夫，大塚広末，渡辺征夫：パッシブサンプラーによる VOC 室内空気濃度並びに個人暴露濃度測定，群馬県衛環研年報，31，88-92 (1999)
- 3) 関根嘉香，廣田ちはる，佛願道男：空气中揮発性有機化合物 (VOCs) 濃度測定用溶媒脱離型パッシブサンプラーの性能評価，環境化学，12，847-854 (2002)
- 4) 小林博美，金田恵美子，川本 寛，桐山徳也，徳田 三郎：パッシブ法での室内空气中揮発性有機化合物測定の有効性について，滋賀衛環七所報，38，78-81 (2003)
- 5) 「空气中の化学物質に関する調査研究」平成10-12年度総合報告書 (厚生科学研究補助金生活安全総合事業)