

地域ケアを支える住宅環境に関する研究
—室内ホルムアルデヒドの簡易測定法—

杉田 収¹⁾, 佐々木美佐子²⁾, 小林恵子²⁾, 平澤則子²⁾, 飯吉令枝²⁾, 斎藤智子²⁾,
吉山直樹³⁾, 関谷伸一⁴⁾, 橋本明浩⁵⁾

1) 新潟県立看護大学 (臨床生化学), 2) // (地域看護学), 3) // (病態学),
4) // (形態・機能学), 5) // (情報科学)

Research on Housing Environment to Support Community Care
: The Simple Determination of Formaldehyde in Indoor Air

Osamu Sugita¹⁾, Misako Sasaki²⁾, Keiko Kobayashi²⁾, Noriko Hirasawa²⁾, Yoshie Iiyoshi²⁾,
Tomoko Saito²⁾, Naoki Yoshiyama³⁾, Shin-ichi Sekiya⁴⁾, Akihiro Hashimoto⁵⁾

1) Niigata College of Nursing (Clinical Biochemistry), 2) // (Community Health Nursing),
3) // (Clinical Pathophysiology), 4) // (Human Anatomy and Physiology),
5) // (Information Science)

キーワード: シックハウス症候群 (sick house syndrome), ホルムアルデヒド
(formaldehyde), 地域ケア (community care), 住宅 (housing), 環境
(environment),

要旨

シックハウス症候群の起因物質として, ホルムアルデヒドがもっとも代表的な化学物質として上げられる. そのホルムアルデヒドを簡便に誰もが測定できる機器の1つがホルムアルデヒド検知器FP-30型である. 小型専用機器と専用のタブを使用する本法でホルムアルデヒドを測定する場合の信頼性を検討した.

簡便法 (FP-30型) によるホルムアルデヒドの日差再現性は約11%, ホルムアルデヒド測定の基本法 (DNPH誘導体化固相吸着/溶媒抽出-HPLC法) との相関係数は $r = 0.9848$, $y = 1.0291x + 0.0098$ ($n=10$) であった. ホルムアルデヒド濃度が0.04 ppm~0.16 ppmの間であれば, 両者の解離は0.01 ppm程度であった.

基本法と簡便法 (FP-30型) との相関からは, 厚生労働省が定める室内濃度指針値 (0.08 ppm 或いは $0.1 \text{ mg}/1 \text{ m}^3$) 付近のスクリーニング検査には十分使用可能であった.

調査した築後1年のビルでは, 室内濃度指針値の0.08 ppmを大きく上回る0.25 ppmの部屋があった. ホルムアルデヒド高値の部屋は窓を開けるか, 或いは換気扇を回せば30分で室内濃度指針値以下のホルムアルデヒド値になった. しかし窓を閉め, 換気扇を回さないと1時間30分後には室内濃度指針値の2倍近くにまで上昇した.

目的

シックビルディング症候群，シック図書館症候群，シックハウス症候群，そしてシックスクール症候群と呼ばれる一連の疾病群は，いずれも建物内装に使用される化学物質や，古い本に由来するカビや細菌などにより，頭痛や咳，鼻水，目の乾燥感などの症状を呈するものである．これらの症候群が増加した原因は，近年の住宅を含む建築物の機密性が向上したこと，化学物質を放散する建築材料が多量に使用されたこと，さらに住宅内で使用される殺虫剤，芳香剤などの化学物質の増加が上げられる．

ホルムアルデヒドは合板や壁紙，床材，家具の接着剤などに多く使われ，シックハウス症候群の代表的な起因化学物質である．新築住宅で経験する刺激臭は，ほぼホルムアルデヒドである．ホルムアルデヒドは呼吸によって取り込まれるが，皮膚や粘膜に対する刺激作用が強いために，呼吸障害を引き起こすほか，中枢神経障害，或いは発癌に関与するとも言われている¹⁾．ホルマリンはホルムアルデヒドの37%水溶液の商品名で防腐剤，組織固定剤として使用されている．

我国の厚生労働省は13種類の化学物質のガイドラインを定めているが，その中のホルムアルデヒドとクロロピリホスを平成15年(2003年)7月1日から施行の新しい建築基準法で規制対象とした²⁾．この改正の背景には各地から報告されるホルムアルデヒドの汚染実態があった³⁻⁵⁾．

我国のシックハウスの診断と治療にあたる医療機関は，まだ限られた専門医療機関である．シックハウスは心因性疾患の除去が重要なために，受診前に13枚の問診表の記載と詳細な問診が行われている⁶⁾．シックハウスが疑われた場合，まずはその人の住宅或いは職場のホルムアルデヒド濃度を測定すること，そして明らかに厚生労働省が定める室内濃度指針値(0.08 ppm 或いは0.1mg/1m³)⁷⁾を越えていることが証明される必要がある．

シックハウスに罹患するのは，圧倒的に主婦である．このことは室内で長時間生活する者が罹患しやすいことを意味している．近年脱施設化が進行し，在宅でケアを受ける高齢者が増加している．在宅の高齢者も室内で長時間生活することから，シックハウスに罹患する危険性がある．また在宅ケアは，同時に住宅のバリアフリー化も進められ，住宅改修が行われる場合も多い⁸⁾．この住宅改修が適性に行われないと，さらにシックハウスに罹患する危険性が高まる．我々は住宅改修が適性に行われるよう，新たな住宅評価法を提案しているが⁹⁾，住宅改修後の化学物質，特にホルムアルデヒド発散量の測定は重要な住宅評価の1つになると考える．ホルムアルデヒドの測定基準法として，平成13年7月厚生労働省が「室内空気中化学物質測定マニュアル」でDNPH誘導体化固相吸着/溶媒抽出-HPLC法を提示し，さらに簡易測定器として6種の指定を行った¹⁰⁾．ここではその6種のなかの1機種であるFP-30型(理研計器株式会社)について，信頼性の程度を検討したので報告する．

研究方法

1、同時再現性，日差再現性

100リットルのテドラーバッグ(タイプA 三商)，フレックスポンプ(DC1-NA型)を用いて室内空気を捕集し，テフロンチューブでホルムアルデヒド測定器(FP-30型)と接合して

測定した。測定は片手で持てる程度の重量の検知器に、直径 2cm 程の専用タブを装着し、検知器に内臓されたポンプで 30 分間室内空気を吸引して行った。FP - 30 型の仕様を表 1 に示した。

表 1 ホルムアルデヒド測定簡便法

検知器 (FP - 30) 仕様

型 式	FP-30 (理研計器)
検知ガス	大気中のホルムアルデヒド
検知範囲	0~0.4 ppm
検知時間	30 分
検知原理	試験紙光電光度法
検知方式	検知 TAB 方式
濃度表示	デジタル表示
サンプリング方式	ポンプ吸引式
電 源	単 3 型 4 本
重 量	約 500 g

2、同一機種間差

メーカーからの借用機器 (MAF. No 34703) と購入機器 (INST. No 358010171RN) の 2 機器による機器差をみた。13 箇所について、同一の場所で同時に測定した。

3、標準物質を用いた基準法との相関

ホルムアルデヒド標準原液：水質試験用 (1mg/mL in methanol) (関東化学) と、アセトニトリル (関東化学) でホルムアルデヒド 3 濃度のガスを 50 リットルのテドラーバッグで作成し、基準法と簡便法 (FP - 30 型) の 2 法で測定した。基準法の測定条件は表 2 に示した。

基準法の試料採取は DNPH アルデヒドサンプラー (Waters Set-Pak XpoSure) とオゾンスクラバー (Waters Set-Pak) を使い、ミニポンプ (柴田 MP-Σ300) で 30 分間吸引した。

表 2 ホルムアルデヒド測定基準法

DNPH 誘導体化固相吸着/溶媒抽出-HPLC 法

捕集管	DNPH 捕集管
試料空気の採取	1 L/分, 30 分間
標準原液	ホルムアルデヒド 2, 4-ジニトロフェニルヒドラゾン 1ml=100 μg HCHO (70.0 mg / 100 ml アセトニトリルから)
HPLC のカラム	オクタデシルシリル基結合シリカゲル充填
HPLC の移動相	アセトニトリル：水=6：4, 流量 1.0 ml/分
HPLC の検出器	UV 360 nm, 温度 40℃

4、基準法との相関

新潟県立看護大学の各種講義室，会議室，実験室など 10 個所で，基準法と簡便法（FP-30 型）との両法で同時に試料空気を採取し測定した。

5、実際の調査例：窓の開閉と換気扇の効果

築後 1 年の看護大学大会議室のホルムアルデヒド濃度が最も高値（0.180～0.280）であったので，この大会議室の窓を開ける効果，換気扇を回す効果を調べた。さらに絨毯などからホルムアルデヒドが発散しているこのような部屋の場合は，窓を閉め，かつ換気扇を回さなければ，何時間でどの程度までホルムアルデヒドが上昇するかを調べた。

大会議室を 24 時間密室にした後にホルムアルデヒドを測定し，その後窓を 2 箇所開いて測定（窓を開いて 30 分後に測定終了），その後 30 分後（実験開始 1 時間後）に窓を閉め，4 時間密室にした。窓を閉めて密室にしてから 1 時間 30 分後と 4 時間後にホルムアルデヒドを測定した。その後大会議室に設置されている換気扇を稼働させ，30 分毎に 4 回測定し，最後は実験開始から 20 時間後に測定した。

結果

1、同時再現性，日差再現性

同時再現性の結果を表 3 に，日差再現性の結果を表 4 に示した。

表 3 同時再現性 (ppm)

n = 10	試料平均値	0.0400
	標準偏差 (SD)	0.0033
	変動係数 (CV)	8.3%

表 4 日差再現性 (ppm)

n = 8	試料平均値	0.1169
	標準偏差 (SD)	0.0125
	変動係数 (CV)	10.7%

2、同一機種間差

FP - 30 型ホルムアルデヒド簡易測定器 2 台の相関図を図 1 に示した。2 台の相関係数は $r = 0.9381$ 回帰直線は $y = 1.3990x - 0.004$ であった。

3、標準物質を用いた基準法と簡便法との相関

標準物質を用いて，基準法と簡便法（FP - 30 型）の相関をみた結果を図 2 に示した。基準法は 1 回，簡便法（FP - 30 型）は 2 回測定し，その平均を用いた。

4、基準法との相関

講義室・会議室など 10 個所について，基準法と簡便法（FP - 30 型）との相関を図 3 に示した。

相関係数 $r = 0.9848$ 回帰直線は $y = 1.0291x + 0.0098$ であった。

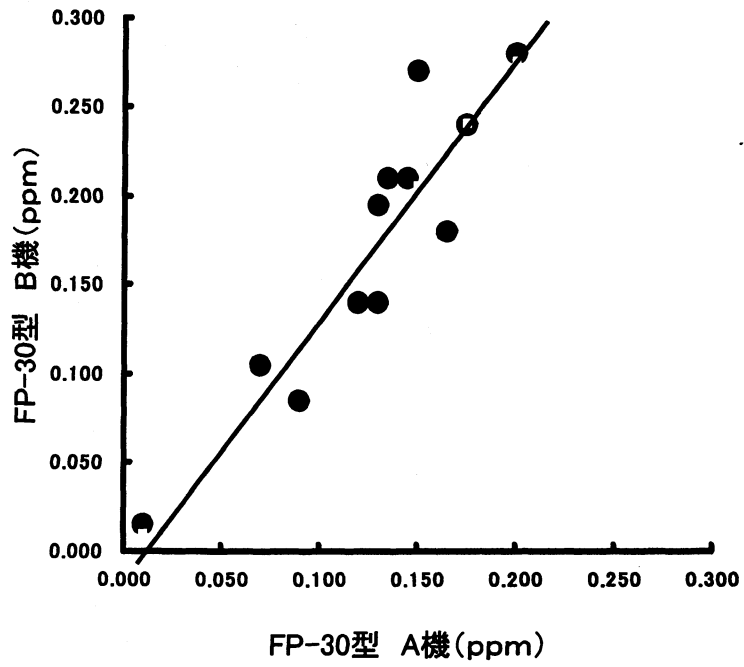


図1 同一機種2台による機器差

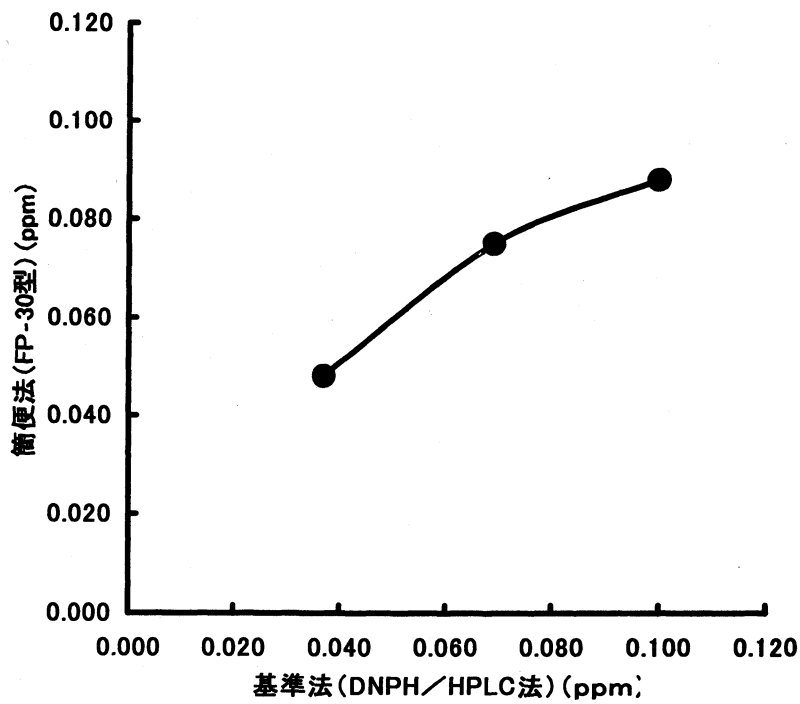


図2 標準物質を用いた基準法と簡便法 (FP - 30 型) との相関

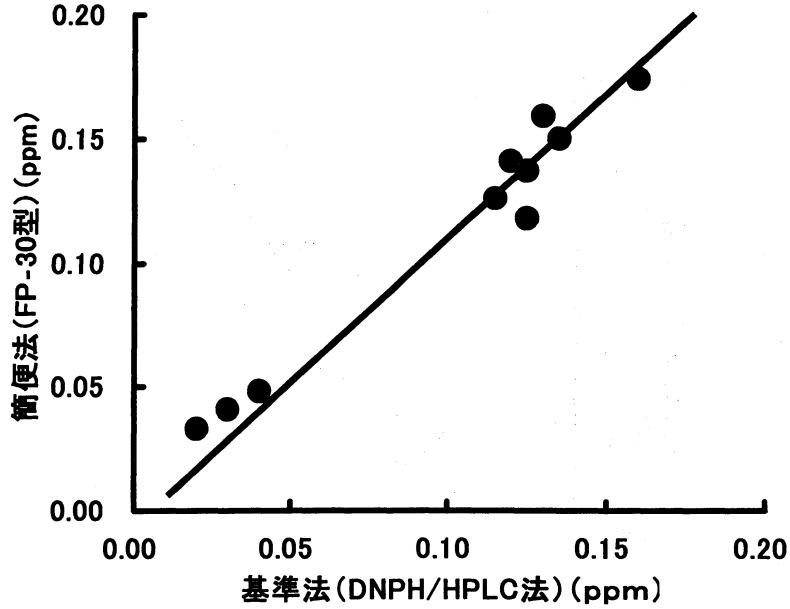


図3 基準法と簡便法 (FP - 30 型) との相関

5、実際の調査例：窓の開閉と換気扇の効果

室内濃度指針値 (0.08 ppm) 以上のホルムアルデヒド濃度を示す部屋で、窓の開閉と換気扇の効果調べた結果を図4に示した。窓を空けると30分後には確実に室内濃度指針値以下に低下し、閉めると1時間30分後には既に室内濃度指針値の2倍近いホルムアルデヒド濃度になり、4時間後には元の高い濃度に戻った。また換気扇を回せば30分後には室内濃度指針値以下に低下した。

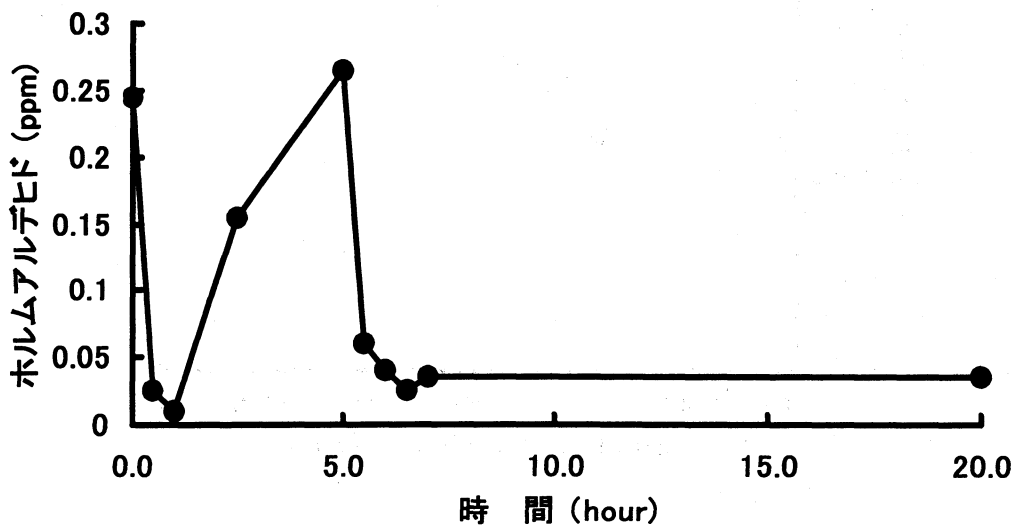


図4 窓の開閉によるホルムアルデヒドの変動と換気扇の効果

考察

ホルムアルデヒド測定を測定機関に依頼すると、指定されている基準法（DNPH 誘導体化固相吸着／溶媒抽出－HPLC 法）によれば1検体測定で1万円の費用がかかる。念のために二重測定を行い、ブランクも測定すると1個所で3万円の費用である。他の測定法も報告されているが、高価な分析機である質量分析機を用いる¹¹⁾。

一方ここで報告したホルムアルデヒドの簡易測定器であるFP-30型を使用する方法は、用いる専用タブは250円／1検体で、測定器は7.5万円である。安価で簡単にホルムアルデヒドが測定できる方法は有用性があると考えられる。

FP-30型の同一器2台の相関係数は $r = 0.9381$ で、基準法とFP-30型の相関係数 $r = 0.9848$ より悪かった。これは基準法が簡便法のFP-30型より精密さが優れていることを示している。また再現性のデータからは、簡便法のFP-30型を用いる方法は簡便法であるが故に、かなりの誤差を伴うことが示されている。0.05 ppm前後の濃度では ± 0.01 ppm程度の誤差を見積もる必要がある。同様に0.10 ppm前後の高い濃度では ± 0.03 ppm程度の誤差を見積もらなければならない。

簡易測定器であるFP-30型の使用目的はホルムアルデヒドのスクリーニングである。ホルムアルデヒドの室内濃度指針値である0.08 ppmより低値か高値の判定が重要である。図3の基準法との相関では、ホルムアルデヒド濃度が0.04 ppm～0.16 ppmの間であれば、両者の解離は0.01 ppm程度であった。従って簡便法のFP-30型を用いる場合は、外から部屋に入って匂いが感じられなくて、かつFP-30型での測定データが < 0.01 ppm (0.01 ppm以下)であれば、問題のない部屋と判断可能である。しかし0.08 ppm前後のデータの場合は数回測定を繰り返し、その平均値が0.08 ppm以上であれば、室内濃度指針値である0.08 ppmを越えている可能性があり、換気扇を取り付けるなどの対応が必要である。建築業者との関係では、さらに基準法で測定し、ホルムアルデヒドが高いことを証明する必要があることも考えられる。以上のような使用法であれば、簡便法のFP-30型はホルムアルデヒド測定のスクリーニングには充分使用可能である。

ホルムアルデヒドが0.25 ppmと、室内濃度指針値を大きく上回った部屋は築後1年で、月に1回使用される大会議室であった。その部屋は絨毯が敷かれて、常に匂いが感じられた。そのような部屋の場合は図4に示したように、窓を開ける、或いは換気扇を回せば、30分でホルムアルデヒドは十分に室内濃度指針値以下に低下した。しかし窓を閉め、換気扇を回さなければ、1時間30分後には室内濃度指針値のほぼ2倍の0.155 ppmにまで上昇した。

結論

シックハウス症候群のもっとも代表的な化学物質であるホルムアルデヒドは、簡易測定器であるFP-30型でスクリーニング検査が可能であった。日差再現性は約11%、基準法（DNPH 誘導体化固相吸着／溶媒抽出－HPLC 法）との相関係数は $r = 0.9848$ 回帰直線は $y = 1.0291x + 0.0098$ ($n = 10$)であり、ホルムアルデヒド濃度が0.04 ppm～0.16 ppmの間であれば、両者の解離は0.01 ppm程度であった。

謝辞

厚生労働省が提示している室内空气中ホルムアルデヒドの測定基準法である「DNPH 誘導体化固相吸着/溶媒抽出-HPLC 法」によるホルムアルデヒドの測定では、財団法人上越環境科学センター検査部 石田喜一課長、高橋文子 作業環境測定士より御協力を頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 1) 梅津剛吉, 北島麻利子. 生活・環境化学物質と安全性. 東京: 南山堂; 1999. p. 229-30.
- 2) 平成 14 年 (2002 年 12 月 26 日), ホルムアルデヒド発散建築材料を定める件. 国土交通省告示 1113 号~1115 号. 平成 15 年 (2003 年) 3 月 27 日, ホルムアルデヒドの発散による衛生上の支障がないようにするために必要な換気を確保することができる居室及び換気設備の構造方法を定める件. 国土交通省告示 273 号, 274 号.
- 3) 岸田 勝, 鈴木五男, 中園宏紀, 井澤雅子, 岡田麻里. 室内ホルムアルデヒドが気管支喘息の発症・悪化に関与したと考えられた 2 症例. 日本小児科学会雑誌 2002; 106(5): 680-3.
- 4) Endo Y, Miyazaki T, Hikita Y, Azuma M, Ikeda H, Fukunaga K, et al. Sampling methods and residential factors affecting formaldehyde concentration in indoor air. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 2001; 195(4): 227-36.
- 5) 飯田 望, 吉野 博, 天野健太郎, 角田和彦, 北條祥子, 石川 哲. シックハウスにおける居住環境の実態と健康に関する調査研究. *臨床環境医学* 2002; 11(2): 77-87.
- 6) 石川 哲. 長寿と環境医学. 学術フロンティア研究成果報告書 (北里大学) 2002; p. 52-72.
- 7) 中明賢二. シックハウス症候群. *検査と技術* 2004; 32(2): 161-3.
- 8) 宮野道夫. 安全性を重視した高齢者の居住環境—住居安全工学の視点から—. *生活教育* 2002; 46(12): 41-5.
- 9) 杉田 収, 室岡耕次, 大竹 朗, 杉田靖子, 水嶋和美, 斎藤智子ほか. 介護・看護からみた住宅評価法. *保健の科学* 2004; 46(2): 143-9.
- 10) 労働省告示第 204 号. 官報 2003; 第 3600 号 p. 7.
- 11) Rivero R, Topiwala V. Quantitative determination of formaldehyde in cosmetics using a combined solid-phase microextraction-isotope dilution mass spectrometry. *J Chromatogr A* 2004; 1029(1-2): 217-22.