

原 著

集合住宅における室内空気質測定と改善方策に関する実験的研究

木村 洋¹⁾ 池田 耕一²⁾ 松村 年郎³⁾ 堀 雅宏⁴⁾

- 1) (株)長谷工コーポレーション技術研究所
- 2) 国立公衆衛生院建築衛生学部
- 3) 国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部
- 4) 横浜国立大学大学院工学研究科物質工学専攻

Measurement of indoor formaldehyde and VOCs concentration in apartment buildings and experimental study concerning the reduction of them

Hiroshi Kimura¹⁾ Koichi Ikeda²⁾ Toshiro Matsumura³⁾ Masahiro Hori⁴⁾

- 1) Technical Research Institute, Haseko Corporation
- 2) Department of Architectural Hygiene Engineering and Housing, The Institute of Public Health
- 3) Division of Environmental Chemistry, National Institute of Health Sciences
- 4) Division of Material Science and Technology, Yokohama National University

要約

近年、室内におけるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物 (VOC) などの化学物質による室内空気質汚染が問題となっている。一般に、化学物質汚染対策の基本は、化学物質の放散量の少ない建材、接着剤の採用と適切な換気 (常時換気) である。

本研究では、室内空気質の改善を図るため以下の調査・検討を行った。

- 1) 新築・既築集合住宅における室内空気質の実態調査
- 2) チャンバー法を用いた建材・接着剤等からの化学物質放散量の測定
- 3) 常時換気による化学物質低減効果の検証
- 4) 改善仕様による実物件での化学物質低減効果の検証

検証実験の結果、改善仕様を用いた住宅は、実態調査で測定した入居前の住宅と比較してホルムアルデヒド・VOCとも大きく改善することができた。 (臨床環境 7:37~43, 1998)

Abstract

Indoor air pollution in residential environments caused by chemical substances, such as formaldehyde(HCHO)and volatile organic compounds(VOC), has been drawing public attention recently. Usually the counterplans for reducing chemical pollution in indoor are, to use materials and adhesives which the emission rates are low, and to keep the indoor ventilated at an appropriate rate(continuous ventilation). In order to improve indoor air quality we have conducted field measurements and experiments as follows:

- 1) Measurement of indoor air quality in apartment buildings
- 2) Emission rate measurement of interior materials and adhesives using chamber methods
- 3) Determination of the efficiency of continuous ventilation
- 4) Determination of the reduction of VOC emission rate from chemically modified interior materials

As a result, the HCHO and VOC concentrations in the residences which the materials chemically modified were used were lower comparing to the former residences. (Jpn J Clin Ecol 7:37~43)

《Key words》 formaldehyde, volatile organic compound, sick house, indoor air quality, chemical substances

受付:平成10年4月8日 採用:平成10年6月1日

別刷請求宛先:木村 洋

〒343-0822 埼玉県越谷市西方2968番地 (株)長谷工コーポレーション技術研究所

Received:April 8, 1998 Accepted:June 1, 1998

Reprint Requests to Hiroshi Kimura, Technical Research Institute, Haseko Corporation, 2968, Nishikata, Koshigaya-shi, Saitama 343-0822 Japan

I. 緒言

近年、住宅の冷暖房用エネルギー消費量低減の促進を目指した、建物の高気密化による導入外気量の削減と、新しいタイプの合板や仕上げ材などの住居内への導入の増大傾向があいまって、室内におけるホルムアルデヒドなどの化学物質による室内空気質汚染が問題となっている。一般に室内空気質を改善するポイントとして、次の2点が挙げられる。

1. 化学物質の放散量の少ない建材、接着剤の採用
2. 適切な換気（常時換気）

1. については、ホルムアルデヒド放散量の測定方法として合板や壁紙用接着剤など一部の建材や接着剤を対象としてJAS（日本農林規格）やJIS（日本工業規格）にデシケータ法が規定されている。しかし、デシケータ法は換気率を考慮した空气中濃度を直接測定するものではなく、また、複合材料や家具などの測定には適さない。欧米では空气中への放散量を測定する方法としてチャンバー法¹⁻⁴⁾が用いられている。2. については、住宅の高気密化は、高断熱化とともに温熱環境の向上及び冷暖房用エネルギー消費量削減のための重要な施策となっているが、気密住宅における換気の重要性が必ずしも十分、認識されていなかった。このため、近年、常時換気など計画的な換気手法が研究開発されているところである。

これらを踏まえて、室内空気質の改善を図るため以下の調査・検討を行った。

- 1) 新築・既築集合住宅における室内空気質の実態調査
- 2) チャンバー法を用いた建材・接着剤等からの化学物質放散量の測定
- 3) 常時換気による化学物質低減効果の検証
- 4) 改善仕様による実物件での化学物質低減効果の検証

II. 方法

1. 新築・既築集合住宅における室内空気質の実態調査

新築及び既築の集合住宅を対象にホルムアルデヒド・VOCの実態調査を行った。一般に集合住

宅は戸建住宅と比較して気密性が高いため、化学物質濃度も高くなることが推測される。

- 1) 測定対象

測定対象は、竣工入居前から入居後1年程度の集合住宅を対象として、春季（96年3～4月）16住戸、夏季（96年7～9月）11住戸で実施した（一部、重複あり）。

- 2) 測定条件

入居後の住宅は通常の生活状態での被曝量を把握するため、入居者の喫煙や窓開け換気などは通常の生活通りとした。また、入居前の住宅は窓や換気口を閉め、室内扉を開放した状態で測定した。

- 3) サンプルング及び分析方法

サンプルングは、居間中央にて床から1mの位置で行った。ホルムアルデヒドはパッシブガスタンューブ（柴田科学器械工業）を24時間放置し分析試料とした。VOCは活性炭チューブ（柴田科学器械工業）を用いてエアーポンプで24時間（1L/分）吸引し分析試料とした。ホルムアルデヒドはAHMT法を用い、VOCは二硫化炭素で脱着後、水素炎イオン化検出器（FID）付きガスクロマトグラフで定量した。

2. チャンバー法を用いた建材・接着剤等からの化学物質放散量の測定

建材・接着剤等からのホルムアルデヒドやVOCの空气中への放散量を直接測定する方法として、欧米などで用いられているチャンバー法がある。チャンバーはその容積によって、ラージチャンバーとスモールチャンバーに分けられている。本研究では欧米のチャンバー法を参考に、建材・接着剤等からのホルムアルデヒド・VOC放散量の測定を行った。

- 1) ラージチャンバーを用いた建材・家具等からのホルムアルデヒド・VOC放散量の測定

①装置の概要

図1に実験装置の概要を示す。実験装置は人工気象室（5.45m×5.45m×3.4m）とラージチャンバー（2.5m×2.5m×2.5m）、計測システムより構成される。チャンバー容積は15.6m³で標準的な集合住宅（約70m²）の1/10程度の容積に相当する。チャンバーには換気ファンが接続され、人工

気象室内の空気が活性炭吸着層を通過してチャンバー内に導入される。チャンバー内の空気は排気口より屋外に排出される。

②測定条件

換気回数0.5回/h、室温23℃、相対湿度50%に設定し、定常状態になるまで、原則として3日間測定した。換気回数は六フッ化イオウ (SF₆) をトレーサーガスとして一定量注入し、濃度減衰法によって求めた。ホルムアルデヒドは定常状態の確認のため化学発光法^{5, 6)}による連続測定の後、パッシブサンプラー (柴田科学器械工業) を24時間放置し、AHMT法で分析した。また、VOCは炭化水素計⁷⁾ (島津製作所) によるTVOCの連続測定の後、エアポンプを用いてチャンバー内の空気を活性炭チューブ (柴田科学器械工業) に採取し (0.5L/分×1~3時間)、水素炎イオン化検出器 (FID) 付きガスクロマトグラフで分析した。ただし、濃度が安定していない場合は測定期間を延長した。試験体は仕上げ材及び下地材は原則として1住戸 (70m²) 分の1/10の量を、家具類は1住戸分を用いた。

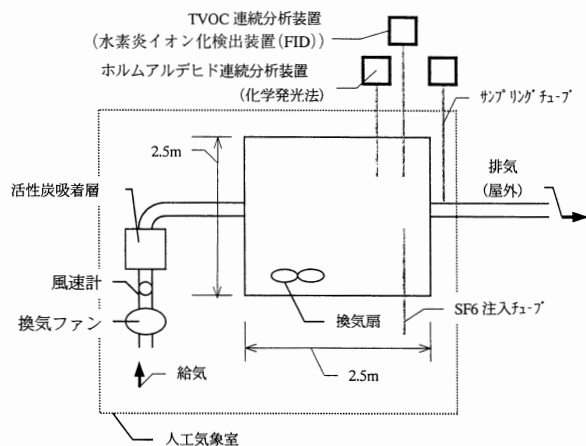


図1 実験装置の概要 (ラージチャンバー)

2) スモールチャンバーを用いた直貼りフローリング用接着剤からのTVOC放散量の測定

①装置の概要

スモールチャンバー (0.4m×0.4m×0.745m) も同様に人工気象室内に設置され、ラージチャンバーと同様の計測システムより構成される。

②測定条件

測定条件はラージチャンバーと同様であるが、試験体設置と同時に濃度の経時変化を測定した。試験体は直貼りフローリング用接着剤としてウレタン系接着剤 (溶剤型、無溶剤型) 及び無機質系接着剤とした。負荷率 (チャンバー容積に対する試験体有効表面積の比率) は0.4m²/m³に設定し、具体的にはアクリル板 (0.16m×0.3m) に適量 (0.6~0.65kg/m²) を塗布した。

3. 常時換気による化学物質低減効果の検証

実際の住宅に常時換気システムを設置し、常時換気システム運転時と停止時のホルムアルデヒド濃度を測定した。実験住戸の専有面積は56.2m² (2LDK) で、室温は23℃に設定した。換気システムはキッチン換気扇を用いたセントラル排気型換気システム (積水化学工業) とした。ホルムアルデヒドは光音響法を用いたマルチガスモニタ (B&K社) で連続測定し、換気回数はSF₆を用いて濃度減衰法から求めた。

4. 改善仕様による実物件での化学物質低減効果の検証

1) 改善仕様

チャンバー試験の結果及び換気による低減効果の検証結果を踏まえて、表1に示す改善仕様を策定した。建材等はE2 (JIS規定で、デシケータ法による水中濃度で平均5.0mg/L以下)、F2 (JAS規定で、デシケータ法による水中濃度で平均5.0mg/L以下、最大7.0mg/L以下) とし、壁紙用接着剤はホルムアルデヒドを含まないものを、直貼り複合フローリング用接着剤は、有機溶剤を含まない無機質系接着剤とした。また、常時換気システムとしてキッチンレンジフードを利用したセントラル排気型換気システムを採用した。

2) 実験方法

改善仕様を実際の集合住宅に施工し、各施工段階毎に室内のホルムアルデヒド及びVOCの濃度を測定した。対象住戸はA住戸 (4LDK: 81m²) とB住戸 (4LDK: 88m²) の2住戸とした。ホルムアルデヒドのサンプリングはパッシブサンプラーを用いて作業時間後、一旦窓を開けて外気を導入し、再び窓を閉じて17:00~翌朝8:30まで

(15.5時間) 行った。VOCは活性炭チューブを用いて翌朝7:30~8:30にサンプリングした(0.5L/min×60分)。ホルムアルデヒドはAHMT法を用い、VOCは水素炎イオン化検出器(FID)付きガスクロマトグラフで分析した。

表1 従来仕様と改善仕様

部位	アイテム	従来仕様	改善仕様
下地材	造作下地芯材	製材・インジニアリングウツド	製材(米福)
家具	合板	規定無し	JAS F2 タイプ
ユニット部材	MDF(中質繊維板)	規定無し	JIS E2 タイプ
	パーティクルボード	規定無し	JIS E2 タイプ
仕上げ材	木質系複合フローリング	規定無し	JAS F2 タイプ
接着剤	直貼りフローリング用接着剤	規定無し	無機質系接着剤
	壁紙用接着剤	JIS規格品(HCHO含有)	JIS同等品(ホルムアルデヒド含有)
	木工用接着剤	規定無し	酢酸ビニル系/低含有系接着剤
換気設備	換気システム	局所排気(キッチン、トイレ、浴室)	局所排気+常時換気システム

Ⅲ. 結果

1. 新築・既築集合住宅における実態調査結果

図2、図3にホルムアルデヒド測定結果、図4、図5にVOC測定結果を示す。図中、丸囲い数字及びアルファベットは住戸コードを示す。

1) ホルムアルデヒド

入居前の住宅では、春季は0.05~0.18ppm(測定時平均室温:11~14℃)で4住戸中、1住戸で厚生省指針値0.08ppmを上回り、夏季は入居前の全ての住戸で0.08ppmを上回っていた(同28℃)。一方、入居後は、春季2住戸で0.08ppmを上回っていたが、夏季は全て0.08ppmを下回っていた。この理由として、別途実施した住まい方調査から、夏季は窓開け換気が冬季より長いことによって濃度が下がっていると考えられた。

2) VOC

入居前の住宅では、欧州共同研究(ECA)の目標提案値(TVOCで300μg/m³)と比較して30~100倍以上の濃度が測定された。特にトルエン、α-ピネン、リモネンが高かった。一方、入居後の住宅では、春季は入居直後で10~50倍の濃度であったが、入居後3ヶ月程度の⑩で440μg/m³であった。少し値の高い⑧及び⑨は石油ストーブを使用し、⑨及び⑪はp-ジクロロベンゼンがTVOCの半分程度を占めていた。夏季のTVOCはホルムアルデヒドと同様に春季より低く300以下~1,000μg/m³であった。

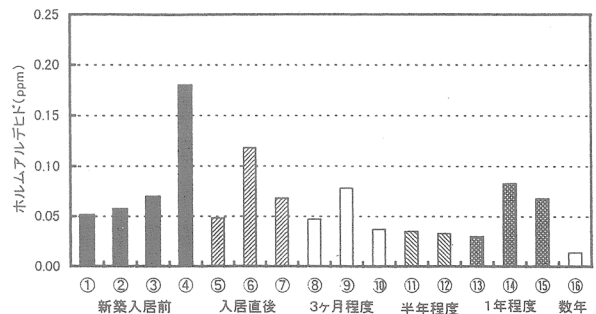


図2 実態調査結果 (春季;ホルムアルデヒド)

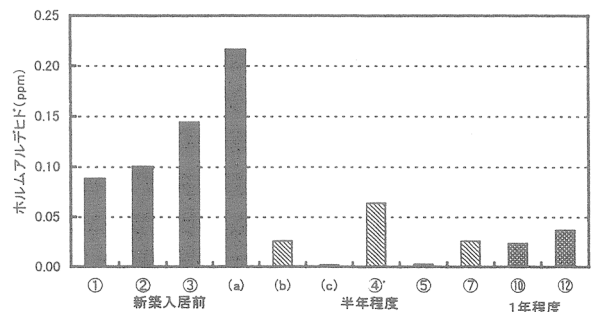


図3 実態調査結果 (夏季;ホルムアルデヒド)

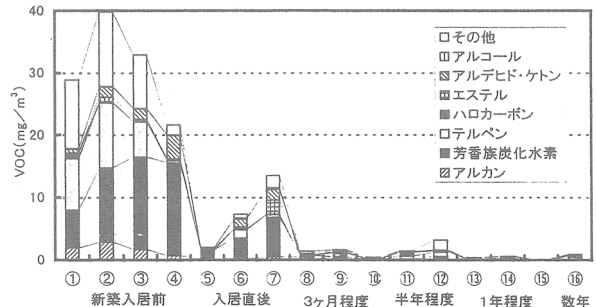


図4 実態調査結果 (春季;VOC)

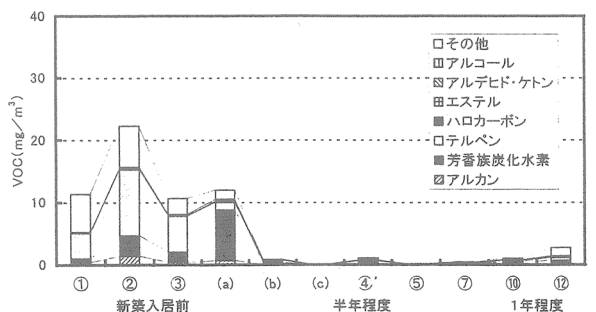


図5 実態調査結果 (夏季;VOC)

2. チャンバー法を用いた建材・接着剤等からの化学物質放出量の測定

1) 建材・家具等からのホルムアルデヒド・VOC放出量の測定

測定結果の一例を表2に示す。試験体の養生期間や負荷率が異なるため、単純に比較することはできないが各建材による傾向が把握された。

下地材では、壁造作下地材の単板積層材で、ホルムアルデヒド・TVOCとも高い値が測定された。また、無機系の建材である石膏ボードでホルムアルデヒドが0.088ppmの試験体があった。これは保管時、他の建材と一緒に置いてあったため、他からホルムアルデヒドが移流したものと考えられた。仕上げ材では、従来品 (JASのホルムアルデヒド放出量は不明) の複合フローリングの方がJAS規格品F2タイプより放出量が少なかった。これは、F2タイプは今回、新たに製造し、一方、従来品は在庫品のため保管中の放散によって、F2タイプより低減したものと考えられた。

2) 直貼りフローリング用接着剤からのTVOC放出量の測定

測定結果を図6 (溶剤型)、図7 (無溶剤型) に示す。溶剤型と無溶剤型では最大濃度に2桁の差が見られた。ウレタン系接着剤 (溶剤型) は初期濃度が高く減衰にも時間を要したが、無機質系

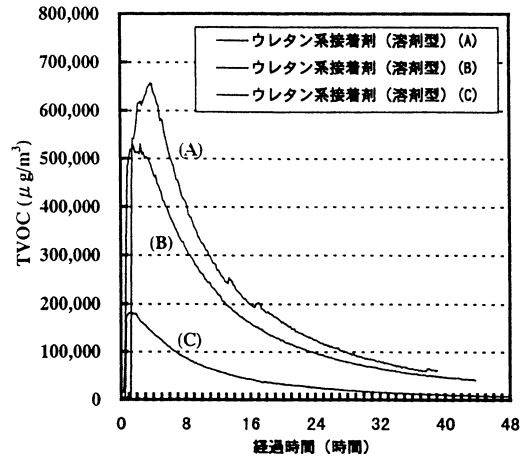


図6 TVOC測定結果 (溶剤型接着剤)

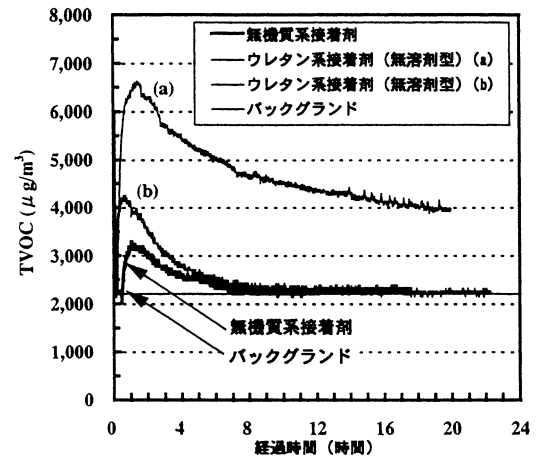


図7 TVOC測定結果 (無溶剤型接着剤)

表2 ホルムアルデヒド・VOC放出量測定結果

試験体		負荷率	負荷率 ^{注1)} の目安	HCHO濃度	HCHO放出速度	TVOC濃度 ^{注6)}	TVOC放出速度	VOC測定	
区分	試験体名	(m^2/m^2)		(ppm)	($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	割合(%) ^{注7)}	
下地材	芯材	単板積層材LVL①	0.75	1住戸相当	1.367	1.121	22.487	14.991	20.5
		単板積層材LVL①(10日後)	0.75	1住戸相当	1.079	0.885	13.705	9.137	7.8
		単板積層材LVL②	0.75	1住戸相当	2.317	1.900	-	-	-
		LSL (スラップ材)	1.10	1.6倍	0.001	0.001	15.821	7.191	23.1
		初仕上り材 (輸入製材)	1.11	1.5倍	0.035	0.019	2.818	1.269	48.0
		5カット (スラップ材)	0.75	1住戸相当	0.142	0.116	-	-	-
		米層 (輸入製材)	0.79	1住戸相当	0.011	0.009	0.174	0.110	70.7
	面材	石膏ボード① (両面)	2.67	1住戸相当	0.088	0.020	3.180	0.596	51.0
		石膏ボード② (両面)	2.54	1住戸相当	0.033	0.008	-	-	-
		化粧ボード (両面)	1.06	(押し入れ分)	0.038	0.022	-	-	-
		合板① (F2-両面)	0.85	1住戸相当以上	0.429	0.310	-	-	-
		合板② (F2-片面)	0.43	1住戸相当以上	0.195	0.281	-	-	-
		パネリング① (E0-両面)	0.98	1住戸相当以上	0.035	0.022	0.866	0.443	59.0
		パネリング② (E0-両面-33℃)	0.98	1住戸相当以上	0.100	0.063	-	-	-
仕上げ材	壁	C社ウォール ^{注3)}	2.67	1住戸相当	0.044	0.010	0.929	0.174	69.9
		床	木質系複合フローリング① (F2タイプ)	0.41	1居室相当	0.210	0.311	0.478	0.576
	木質系複合フローリング② (F2タイプ)	0.21	1住戸相当	0.161	0.478	-	-	-	
	木質系複合フローリング③ (従来品)	0.41	1居室相当	0.121	0.179	0.418	0.504	65.1	
	木質系複合フローリング④ (従来品)	0.21	1住戸相当	0.128	0.380	-	-	-	
	面材	化粧合板 (両面)	1.45	1住戸相当以上	0.355	0.150	0.328	0.113	83.0
	家具・造作等	F社下駄箱 (大)	-	1住戸分	0.646	-	1.633	-	66.6
F社下駄箱 (標準)		-	1住戸分	0.044	-	0.148	-	82.4	
木製建具 (室内扉・全面)		0.94	1住戸分	0.055	0.036	0.171	0.091	77.1	
扉枠 (全面)		0.53	1住戸分	0.276	0.321	0.261	0.247	87.8	
額縁 (全面)		0.46	1住戸分	0.170	0.229	0.205	0.225	84.3	
物入れ (トイレ)		-	1住戸分 (便所)	0.040	-	0.150	-	80.6	

注1) : 実際の70 μm 程度の住戸に換算した場合の試験体の設置割合で1住戸相当は1住戸の1/10量を示す
 注2) : HCHO 放出速度($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) = 1.23 (HCHO気中濃度ppm) \times (換気回数/h) / 負荷率 (m^2/m^2)
 注3) : 測定に使用した「石膏ボード」の表面に無機系の仕上げ材を吹き付けて乾燥させたもの
 注4) : 「-」は未測定
 注5) : ①及び①'で示した材料は同一の材料を再測定した意味である
 注6) : TVOCは測定されたVOCに未測定されたVOCをトルエン換算し加えて算出した
 注7) : TVOCのうち測定されたVOC (20~30種類) の占める比率

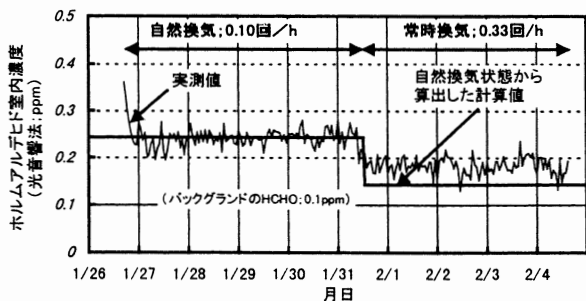


図8 常時換気によるホルムアルデヒド低減効果

接着剤は放散量が少なく、また、測定開始後8時間程度でバックグラウンド（空气中的メタン及びVOC）⁷⁾まで減衰していた。

3. 常時換気による化学物質低減効果

測定結果を図8に示す。実線は自然換気状態の濃度と常時換気による換気回数より算出した計算値を示す。ホルムアルデヒドの測定は光音響法⁸⁾を用いたため他のVOCに干渉され、バックグラ

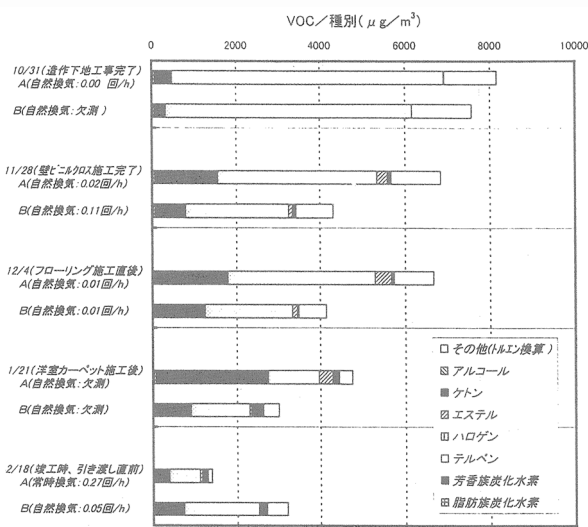


図9 室内空気質測定結果 (VOC/種別)

ンド（外気）でも0.1ppmを示しているが、換気による低減効果が確認できた。ホルムアルデヒド低減効果は計算値より低い、これは導入外気の混合状態の影響等によるものと考えられる。換気回数は自然換気状態で0.10回/h、常時換気で0.33回/hであった。

4. 改善仕様による実物件での化学物質低減効果

表3にホルムアルデヒド測定結果、図9にVOC測定結果を示す。常時換気は引き渡し直前のA住戸のみ運転した。

ホルムアルデヒドの最大濃度は内装工事がほぼ完了した1月時点で0.03ppm以下であり、先に示した実態調査の春季入居前の測定結果（0.05～0.18ppm）と比較しても低い値であった。VOCはTVOCでみると造作下地工事完了時が8,000μg/m³程度で最も高く、テルペン類が大半を占めていた。その後、内装施工によるVOCの顕著な増加は見られず、テルペン類の減少に伴ってTVOCも減少傾向にあった。常時換気を行った竣工時の測定ではA住戸の換気回数は0.3回/hが得られ、TVOCは1,500μg/m³まで低減した。VOCもホルムアルデヒドと同様に春季入居前の測定結果と比較して大幅に低減した。

IV. 考按

戸建住宅より気密性が高く、室内の化学物質が排出されにくいと推測される集合住宅を対象に実態調査を実施した。その結果、ホルムアルデヒドは、入居前、入居直後の住宅で厚生省指針値0.08ppmを超える住宅がみられたが、入居後3ヶ月程度の住宅ではかなり下がっていた。一方、VOCは入居前の全ての住宅で高濃度であった。VOCは入居後、顕著に低減するが経過時間ほど

表3 室内空気質測定結果 (ホルムアルデヒド)

測定条件/測定日	造作下地工事完了		壁・ニルコ入施工完了		フローリング施工直後		洋室カーペット施工後		引き渡し直前	
	10/30-31	11/27-28	12/3-4	1/20-21	2/18-19	A	B	A	B	
測定住戸	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
平均室温 (°C)	17	16	16	15	11	10	6	7	9	10
平均相対湿度 (%)	52	54	75	72	62	53	57	55	51	54
換気回数 (回/h)	0.00	欠測	0.02	0.11	0.01	0.01	欠測	欠測	0.27	0.05
ホルムアルデヒド (ppm)	<0.001	<0.001	0.012	0.011	0.016	0.003	0.025	0.027	0.017	0.014

注：ホルムアルデヒドは17:00～8:30までの15.5時間平均値 (パッシブサンプラー/AHMT法)

には減少していない住宅も見られた。これらの住宅では、暖房機器や防虫剤の使用など、住まい方の影響を大きく受けていることが推測された。

次に、材料試験チャンバーによる建材等からの化学物質の放散量測定結果を踏まえて改善仕様を作成し、その効果を検証するため実際の物件に施工し、施工段階毎の濃度を測定した。その結果、実態調査で行った春季入居前の住宅の測定結果と比較して、ホルムアルデヒド、VOCとも低減され、引き渡し直近の測定ではホルムアルデヒドで0.02ppm以下、VOCでは1,500~3,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。表4はTVOCの健康影響^{9,10)}を示したものである。実態調査における入居前のTVOCは10mg/ m^3 以上であったが、改善仕様では「0.30~3.0mg/ m^3 」のランクとなった。しかしながら、今回の測定が冬季(10℃程度)であり、ホルムアルデヒドは温度が10℃上昇すると濃度が2~3倍になること、また、VOCはECAの目標提案値(TVOCで0.3mg/ m^3)と比較すると依然高いことなどから、さらなる低減方策の検討が必要と考えられた。

表4 TVOC濃度と健康への影響^{9,10)}

TVOC (mg)	健康への影響
<0.2	影響を引き起こす可能性はないと思われる。快適範囲。
0.2~0.3	何らかの影響を引き起こす可能性はかなり低いと思われる。
0.3~3	様々な物質への曝露が相互に影響しあえば炎症・不快感が生じるかもしれない。
3~5	居住者からの苦情が起こる。臭いも検知される。
5~8	生理的な影響が見うけられる。目・鼻・喉の炎症が起こる。
8~25	頭痛が起こると思われる。
>25	頭痛が起こるよりも神経毒的な影響が起こる。毒性範囲。

文献

- 1) ASTM E 1333-96:Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Large Chamber,1996
- 2) ASTM D 6007-96:Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber,1996
- 3) ASTM D 5116-90:Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions From Indoor Materials/Products,1990
- 4) European Concerted Action(ECA):Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No.8, Guideline for the Characterization of Volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers,1991
- 5) 木村 洋, 前田泰昭, 他:化学発光法を用いた屋内のホルムアルデヒド連続測定、第37回大気環境学会講演要旨集:419,1996
- 6) Maeda Y, et al:Continuous Determination of Gaseous Formaldehyde by a Chemiluminescence Method, Analyst 119:2237-2240,1994
- 7) 堀 雅宏, 楊 建萍:住宅の揮発性有機化合物汚染の特性とその簡易測定法の提案、第20回人間—生活環境系シンポジウム報告集:107-110,1996
- 8) 野崎淳夫, 池田耕一, 他:揮発性有機化合物及びホルムアルデヒドの測定法に関する研究、空気調和・衛生工学会平成9年度学術講演会講演論文集:409-412,1997
- 9) L Molhave, et al: "The Use of TVOC as an Indicator in LAQ Investigations", Proceedings INDOOR AIR'96 Vol.2:37-46,1996
- 10) 田辺新一, 由岐中聡美, 他:住宅におけるホルムアルデヒド・VOCによる室内空気汚染に関する基礎的研究、空気調和・衛生工学会平成9年度学術講演会講演論文集:49-52,1997