ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に対する建材及び換気の影響

桂 英二,^{*,a} 小川 広,^a 堀 義宏,^a 入江雄司,^b 福島 明^b
北海道立衛生研究所,^a 北海道立寒地住宅都市研究所^b

Effect of Building Materials and Ventilation on Indoor Air Pollution by Formaldehyde

Eiji KATSURA,^{*,a} Hiroshi OGAWA,^a Yoshihiro HORI,^a Yuji IRIE,^b
and Akira FUKUSHIMA^b

*Hokkaido Institute of Public Health,^a West 12, North 19, Kita-ku, Sapporo 060-0819,
Japan and Hokkaido Prefectural Cold Region Housing and Urban Research Institute,^b
4-1 24Ken, Nishi-ku, Sapporo 063-0801, Japan*

(Received March 13, 1998)

The effect of building materials and ventilation on the indoor formaldehyde concentration was studied in three houses built by the same company.

Formaldehyde in indoor air was adsorbed on DNPH-cartridge by suction using a diaphragm air pump, eluted with acetonitrile and determined by high performance liquid chromatography. Formaldehyde emission from various building materials was determined by the desiccator method defined in Japanese Industrial Standard A5908.

In the case of the house built using flooring emitting a considerable amount of formaldehyde, concentration of formaldehyde in indoor air was higher than that of the Japanese guideline, 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ even after one year. When the house was built with the building materials ranked the F₁ (average value lower than 0.5 mg/l) grade, which is defined as the highest rank by Japanese Agricultural Standard, formaldehyde concentration in indoor air did not exceed the guideline value even just after the construction.

Indoor formaldehyde concentration under unventilated conditions was 1.5 to 3 times those under mechanical ventilated conditions.

These results indicated that indoor air pollution by formaldehyde was dependent on the building materials and ventilation rates.

Key words — formaldehyde; indoor air; building materials; ventilation

緒 言

高気密、高断熱仕様の住宅の増加に伴い、揮発性有機化合物(volatile organic compounds, VOC)による室内空気汚染が社会問題となっている。室内から検出されるVOCは、トルエンやキシレン等の有機溶剤、ホルムアルデヒド、シロアリ駆除剤など多岐にわたっており、その発生源の一つとして木材や塗料などの建築資材が考えられている。

これら VOC による健康被害を未然に防止するために、1996 年に建設、通産、厚生、林野の四省庁と関係団体等で構成する「健康住宅研究会」が発足し、健康被害を招く恐れが強いとしてホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、木材保存剤、防蟻剤、可塑剤の 3 物質、3 薬剤を建築資材からの削減対象物質に指定した。また、「健康住宅研究会」に先立って「快適で健康的な住宅に関する検討会議」を設立して化学物質による室内空気汚染について検討していた厚生省は、1997 年 6 月にホルムアルデヒドの室内空気中濃度について、30 分平均値で 0.1 mg/m^3 という値を指針値として提案した。これは世界保健機構 (WHO) の指針値と同じ値である。

ホルムアルデヒドはユリア樹脂やメラミン樹脂など合板等を製造する時に使用される接着剤の必須成分であり、合板からのホルムアルデヒド発生機構としては、接着剤中の未反応のホルムアルデヒドが揮発してくること及び、接着層の樹脂硬化物の分解により生成したホルムアルデヒドが揮発してくることが考えられている。窪田ら¹⁾はユリア樹脂を使用した合板からのホルムアルデヒド発生機構について検討し、高温、高湿であるほど発生量が多いこと、樹脂硬化物の分解が主たる原因であることを報告している。

一方、ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に関しては、戸建て住宅、集合住宅、オフィスビル等で調査した松村ら^{2,3)} 三谷ら⁴⁾ 村松ら⁵⁾の報告がある。さらに、近年、VOC による室内空気汚染が社会問題となっていることから、全国で数多くの調査が行われている。

また、建材からのホルムアルデヒド放散量と気中濃度との関係については、模擬住環境試験装置を用いて試験した井上ら^{6,7)}の報告がある。実際の住宅は構造が複雑であり、空気の流れも単純ではないため、室内空気中のホルムアルデヒド濃度は、住宅の構造や換気量、使用する建材の種類と量等に依存して、個々の住宅ごとに、また部屋ごとに異なっていると考えられる。

そこで、ホルムアルデヒドによる室内空気汚染の少ない住宅を建築するための資料を得る目的で、各種建材からのホルムアルデヒド放散量を測定し、これらの建材を用いて建築した住宅における室内空気中のホルムアルデヒド濃度を測定した。また、換気の効果についてもあわせて検討したので報告する。

実 験 方 法

1. 試薬 ホルムアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン (HCHO-DNPH) 標準溶

Table 1. Characteristics of Test Houses

House	A	B	C
Completion date	Sep. 1996	May 1997	Aug. 1997
Construction	Conventional		
Total floor area (m ²)	129.60	105.12	100.80
Air barrier	Polyethylene sheet (0.2 mm thickness)		
Air tightness (equivalent leakage area, cm ² /m ²)	0.61	0.94	0.69
Ventilation system	Mechanical exhaust		
Ventilation rate (h ⁻¹)	0.5		

液はスペルコ社製標準品を用いた。DNPH-カートリッジはスペルコ社製、オゾンスクラバーはウォーターズ社製のものを用いた。アセトニトリルは和光純薬製高速液体クロマトグラフ用を、その他の試薬は和光純薬製特級を用いた。

2. 調査対象住宅 今回調査した3棟の住宅の特性を Table 1 に示した。いずれも同一建築会社で建築した在来木造一戸建て、断熱仕様、気密仕様及び換気方式はすべて共通である。住宅 A の平面図を Fig. 1 に示した。この住宅は 1996 年 9 月に竣工後 1997 年 10 月 25 日

Fig. 1. Floor Plan of House-A

Air samples were taken at living room, kitchen, bedroom-1 and bedroom-2.

1st floor

2nd floor

Fig. 2. Floor Plan of House-B

Air samples were taken at living room, kitchen, bedroom-1, bedroom-2 and garret.

Fig. 3. Floor Plan of House-C

Air samples were taken at living room, bedroom-1 and bedroom-2.

に入居するまでモデルハウスとして使用していたため、この間は平日には人の出入りが全くない状況であった。住宅 B の平面図を Fig. 2 に示したが、この住宅は竣工後すぐに入居しており、成人二人が通常の生活をしていた。住宅 C の平面図を Fig. 3 に示したが、住宅 A と同様に調査期間中モデルハウスとして使用していたため、平日には人の出入りが全くない状況であった。

いずれの住宅も換気装置を設置(換気回数: 0.5 回/h)し、竣工直後より調査終了時まで運転を継続した。ただし、住宅 A については、換気の影響を調査した時に一時換気装置を停止した。また、住宅 A については 1997 年 7 月に換気量、気密性能の測定を行い、換気量が少なかったために換気装置及びレジスターの再調整を行った。気密性能については、隙間相当面積がいずれも $1.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下で、新省エネルギー基準 ($5.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下) に合致しており、3 棟間に差は見られなかった。また、暖房は FF ストープを 1 台居間に設置しており、10 月上旬に運転を開始し、調査終了時まで継続した。窓については、住宅 A 及び C では休日に見学者に説明するために開閉する以外は、閉めきったままであった。また、住宅 B では通常の生活をしているため、窓の開閉は居住者の意志により適宜自由に行うこととした。ただし、調査に際しては、前日の夜 8 時から調査終了時まで、窓を閉めきった状態にした。

調査した部屋は、住宅 A では、1 階の居間 (床面積 22 m^2)、台所 (5 m^2)、2 階の寝室-1 (17 m^2)、寝室-2 (10 m^2) の 4 カ所である。住宅 B では、1 階の居間 (22 m^2)、台所 (6 m^2)、寝室-1 (10 m^2)、寝室-2 (8 m^2) 及び屋根裏部屋 (22 m^2) の 5 カ所であり、住宅 C では、1 階の居間 (22 m^2)、2 階の寝室-1 (15 m^2)、寝室-2 (8 m^2) の 3 カ所である。

建材については、使用している構造材はすべて共通であり、天井は 3 棟いずれも浴室を除いて構造用合板及び構造用集成材(梁)が露出している。合板の表面積の合計はそれぞれ 102 m^2 (住宅 A)、 61 m^2 (住宅 B) 及び 77 m^2 (住宅 C) であり、集成材の表面積の合計はそれぞれ 81 m^2 (住宅 A)、 48 m^2 (住宅 B) 及び 61 m^2 (住宅 C) である。床材としては、住宅 A においては、フローリング A 1 (住宅 A の 1 階) 及びフローリング A 2 (住宅 A の 2 階) が使用されている。フローリング A 1 は和室、浴室、玄関及び階段を除いた床に使用されており、その使用面積は 47 m^2 である。フローリング A 2 は階段を除いた全床面に使用されており、その使用面積は 54 m^2 である。住宅 B では和室、浴室及び玄関を除いた床にコルクタイルが使用されており、その使用面積は 60 m^2 である。また、屋根裏部屋の床は全面構造用合板である。住宅 C では 1 階の浴室及び玄関を除いた床にフローリング C が使用されており、その使用面積は 37 m^2 (1 階) 及び 42 m^2 (2 階) である。壁材については、住宅 A と B では床上 1 m の高さまで羽目板であり、それ以外の部分は石膏塗布板である。住宅 A における使用面積はそれぞれ 85 m^2 (羽目板) 及び 97 m^2 (石膏塗布板) であり、住宅 B における使用面積はそれぞれ 46 m^2 (羽目板) 及び 51 m^2 (石膏塗布板) である。住宅 C では羽目板のみを使用しており、その使用面積は 162 m^2 である。3 棟の住宅いずれもビニールクロスは全く使用していない。階段には造作用集成材が使用されている。また、クローゼットの棚板に使用されているランバーは 3 棟共通であるが、壁材については住宅 A と B がシナベニヤであり、住宅 C では構造用合板である。住宅 A と B の和室に設置されている押入にはシナベニヤが使用されている。ランバーの使用面積の合計はそれぞれ 25 m^2 (住宅 A)、 9 m^2 (住宅 B) 及び 11 m^2 (住宅 C) である。住宅 A では全室でランバーが使用されているが、住宅 B 及び C ではそれぞれ寝室-

2 及び寝室-1 でのみ使用されている。シナベニヤの使用面積の合計はそれぞれ 55 m² (住宅 A) 及び 40 m² (住宅 B) であり、住宅 A 及び B いずれも全室で使用されている。

設置されている家具は、住宅 A では、モデルハウスとして使用中は居間に 1 人掛けのソファ (布製) 2 個とテーブル (1 m×1 m) 1 個、寝室-1 にテーブル (直径 1 m) 1 個だけであり、入居後に食器棚、本棚等が持ち込まれた。住宅 B では、テーブル (1.5 m×1 m, 居間)、食器棚 (1.4 m×1.8 m×0.4 m, 台所)、本棚 (1.4 m×1.8 m×0.3 m, 寝室-1 及び 1 m×1.8 m×0.3 m, 寝室-2)、机 (0.7 m×1 m, 寝室-2)、シングルベッド 2 台 (寝室-1) である。住宅 C では、居間に 3 人掛けのソファ (布製) 1 個とテーブル (直径 1 m) 1 個、寝室-1 にシングルベッド 1 台であり、1 回目の調査後に搬入された。

3. 建材から放散するホルムアルデヒドの測定 合板等の木質建材については、デシケーター法によりホルムアルデヒド放散量を測定した。すなわち、パーティクルボードの日本工業規格 (JIS A 5908) に準じて、20℃の恒温室において、試験溶液を調製した。また、水性の接着剤は 100 mg を秤量し、蒸留水に懸濁して 10 ml としたものを試験溶液とした。油性の接着剤は 100 mg を秤量し、アセトン 1 ml に懸濁した後、蒸留水を加えて 10 ml としたものを試験溶液とした。

試験溶液中のホルムアルデヒドは DNPH 誘導体として HPLC で分析した (DNPH 法)。すなわち、試験溶液 1.0 ml と DNPH 試液 (DNPH 0.5 mg/ml, リン酸 5 %) 1.0 ml を混合し、室温で 10 分間放置後 HPLC で分析した。DNPH 試液は、DNPH をアセトニトリルに溶解し (2.0 mg/ml)、用時リン酸で希釈して用いた。

4. 室内空気中のホルムアルデヒドの捕集及び測定 オゾンスクラバーを付けた DNPH カートリッジを吸引チューブに接続し、部屋中央、高さ 1 m のところに設置した後、吸引ポンプ (柴田, MP-15 CF 型) を用いて、吸引速度 1.0 l/min で室内空気を 30 分間吸引した。室内空気の吸引は午前 10 時から 12 時までの間に、各部屋のドアを閉めて行った。また、調査は、住宅 A については 1997 年 5 月から、住宅 B については竣工 1 カ月後の 6 月から、住宅 C については竣工直後の 9 月から 12 月まで行った。

空気吸引後、アセトニトリルを用いて DNPH カートリッジからホルムアルデヒド誘導体を溶出し、HPLC で分析した。

5. 装置及び測定条件 HPLC, 日立製作所製 L-6000 形; 検出器, 日立製作所製 L-4000 形; データ処理装置, 島津製作所製クロマトパック C-R5A 型; カラム, Mightysil RP-18 (4.6 i.d.×250 mm); 移動相, アセトニトリル-水-酢酸 (60:40:0.1); 流速, 1.0 ml/min; 検出波長, 360 nm; カラム温度, 37℃。

結果及び考察

1. DNPH 法による建材から放散するホルムアルデヒド分析法の検討

日本工業規格のホルムアルデヒド放散量試験においては、アセチルアセトン法で測定することになっているが、DNPH 法の方が迅速かつ簡便に測定できると考えられたので、両法を比較検討した。

最初に、ホルムアルデヒドと DNPH を反応させ、経時的に DNPH 誘導体生成量を測定した。ホルムアルデヒド標準溶液 (1.0 µg/ml) 1.0 ml と DNPH 試液 1.0 ml を室温で混合し、

経時的に HPLC で分析した結果, 混合直後に 99.2%, 10 分後に 99.8%DNPH 誘導体が生成しており, 以後 90 分まで一定の値となった. このように, ホルムアルデヒドと DNPH の反応は瞬時に完結し, 生成する DNPH 誘導体はアセチルアセトン法で生成するルチジン誘導体に比べて安定であることから, DNPH 法は水中のホルムアルデヒドの分析に使用できると考えられた.

そこで, デシケーター法により得られた試験溶液中のホルムアルデヒドを, アセチルアセトン法と DNPH 法で測定した. その結果を Table 2 に示したが, ホルムアルデヒド放散量の異なる 3 種類の合板を用いて試験した場合でも, 両法による分析値に差はみられなかった.

したがって, 今回, デシケーター法による各種建材からのホルムアルデヒド放散量の測定は, DNPH 法で行うこととした. なお, 反応時間は操作性を考慮して, 10 分間とした.

2. 建材から放散するホルムアルデヒドの測定

各種建材からのホルムアルデヒド放散量を測定した結果を Table 3 に示した.

構造用として使用されている 3 種類の合板はいずれもホルムアルデヒド濃度が 0.5 mg/l 以下で, 農林規格の F₁ (平均値 0.5 mg/l 以下) 相当品であった. 集成材については, 柱材が F₁ 相当品であったが, 梁材は 2 種類とも F₂ (平均値 5 mg/l 以下) 相当品であった. これら 6 種類の構造材は, いずれも今回調査した 3 棟の住宅すべてに使用されている建材である.

造作材のうち床材については, 住宅 B で使用されているコルクタイルは F₁ 相当品であったが, 住宅 A の 2 階で使用されているフローリング A2 は F₂ 相当品であった. また, 住宅 A の 1 階で使用されているフローリング A1 は 18.9 mg/l と高い値となり, 農林規格の F₃ (平均値 10 mg/l 以下) にも該当しなかった. 住宅 C で使用されているフローリング C については, 試料が入手できず分析できなかったが, メーカーの分析によると F₁ 相当品であるということであった. 壁材については, 石膏塗布板及び羽目板いずれも F₁ 相当品であった. また, 階段や台所のカウンターに使用されている集成材は F₁ 相当品であったが, クローゼットや

Table 2. Comparison between DNPH Method and Acetylacetone Method

Sample	Formaldehyde (mg/l)	
	DNPH	Acetylacetone
Plywood-1	0.3	0.3
Plywood-2	6.2	6.4
Plywood-3	24.2	22.8

Sample solution was prepared by desiccator method defined in Japanese Industrial Standard A5908.

Table 3. Formaldehyde Emission from Various Building Materials

Building material		Formaldehyde (mg/l)
Construction material	Plywood (9 mm)	0.4
	Plywood (12 mm)	0.3
	Plywood (16 mm)	0.1
	Assemblage (beam, G1)	0.9
	Assemblage (beam, G2)	1.0
	Assemblage (pillar)	0.3
Finishing material	Flooring A1	18.9
	Flooring A2	3.9
	Flooring C	NT
	Cork tile	0.1
	Plaster coated board	0.4
	Wainscot	0.2
	Assemblage	0.3
	Veneer board	4.8
	Lumber core plywood	6.6

Sample solution was prepared by desiccator method defined in Japanese Industrial Standard A5908. Formaldehyde was analysed by DNPH method. NT: not tested.

押し入れに使用されているシナベニヤは F_2 相当品, ランバーは F_3 相当品であった。

なお, 建築時に床材を張るために使用されている 3 種類の接着剤について, ホルムアルデヒド含有量を測定したが, いずれの接着剤からもホルムアルデヒドは検出されなかった ($<10 \mu\text{g/g}$)。また, 壁材の固定には, 接着剤は使用されていなかった。

3. 異なる建材を使用した住宅における室内空気中のホルムアルデヒド濃度

住宅 A 測定結果を Fig. 4 に示した。室内空気中のホルムアルデヒド濃度は外気温の上昇する 8 月に, 1 階のリビングで $128.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2 階の寝室で $139.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と, 最も高い値となり, 築 1 年後でも指針値を越えていた。以降, 外気温の低下とともにホルムアルデヒド濃度も低下した。この間, 室温は $22\text{--}26^\circ\text{C}$ で, 大きな変動はなかった。この住宅では, 床材としてホルムアルデヒド放散量の多いフローリング A1 を 1 階に, フローリング A2 を 2 階に使用しており, これがホルムアルデヒド濃度が高かった大きな要因であると考えられる。また, クローゼットや押し入れに使用されているランバーやシナベニヤも影響していると考えられる。2 階の寝室-2 における濃度推移のパターンは他の部屋と異なり, 8 月に低い値となったが, これは, 6 月の測定後にレジスターの開口部を上げたことにより, 換気量が増加したためと考えられる。また, 家具からのホルムアルデヒド放散量は測定していないが, 設置されている家具は布製のソファ 2 個と樹脂塗装されたテーブル 2 個だけであり, その表面積も延べ床面積の $1/50$ 程度であることから, 室内空気中のホルムアルデヒド濃度に対する家具の影響は大きくないと推定される。

住宅 B Fig. 5 に示すとおり, 室内空気中のホルムアルデヒド濃度は, 竣工 1 カ月後の 6 月の測定で, 寝室-2 で $100.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い値となった他は, 指針値以下の値であった。また, 8 月の測定で台所と屋根裏部屋において高くなったが, 竣工後の時間の経過とともに徐々に

Fig. 4. Indoor Formaldehyde Concentration in House-A

Formaldehyde in indoor air was adsorbed on DNPH-cartridge by suction using diaphragm air pump and determined by HPLC. ○, living room; △, kitchen; □, bedroom-1; ◇, bedroom-2; ●, indoor temperature; ▲, outdoor temperature.

Fig. 5. Indoor Formaldehyde Concentration in House-B

Formaldehyde in indoor air was adsorbed on DNPH-cartridge by suction using diaphragm air pump and determined by HPLC. ○, living room; △, kitchen; □, bedroom-1; ◇, bedroom-2; +, garret; ●, indoor temperature; ▲, outdoor temperature.

低下し、半年後には約 1/2 の値となった。屋根裏部屋は他の部屋に比べて若干高い値となっているが、これは合板が露出した狭い空間であるためと考えられる。しかし、住宅 A と比較すると、築後年数が短いにもかかわらず、全体的に低い値となった。クローゼットや押し入れに使用されているランバーやシナベニヤは住宅 A と共通であり、使用量を考慮すると、床材にホルムアルデヒド放散量の少ないコルクタイルを使用していることが最も大きな要因であると考えられる。また、人が生活している状況下で窓やドアの開閉が行われていることも 1 つの要因であると考えられる。

住宅 C 測定結果を Fig. 6 に示した。室内空気中のホルムアルデヒド濃度は、竣工直後の 9 月においても $27.4\text{--}31.1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低く、同じ日に測定した住宅 A (築 1 年後) の測定値の 1/4—1/3 の値であった。この住宅では、クローゼットの棚板に使用されているランバーが F_3 相当品であるが、その使用量は住宅 A の 1/2 であり、クローゼットの壁材等大部分の建材が F_1 相当品であることから、他の住宅に比べて室内空気中のホルムアルデヒド濃度が低かったと考えられる。一方、1 カ月後の測定で約 1.5 倍高い値となったが、これは 1 回目の調査後に家具が搬入されたことと、前日から暖房を開始したためにホルムアルデヒド放散量が増加したことによると考えられる。

また、他の部屋に比べて寝室-1 の値が高くなっているが、これはクローゼットの棚板にランバーが使用されていることと、クローゼットに扉が無く室内に解放になっていることによると考えられる。

4. 換気の効果

住宅 A において、室内空気中のホルムアルデヒド濃度に及ぼす換気の影響について調査した。9 月 7 日午後 8 時にレジスターを閉じて、換気装置を停止し、9 月 10 日午前 11 時にレジスターを開けて、換気装置を作動させた。換気量は $150\text{ m}^3/\text{h}$ に設定しており、住宅 A の空間容量は 300 m^3 であるから、換気回数として 0.5 回/h に相当する。また、換気装置を停止した時の換気量は測定していないが、Grimsrud ら⁸⁾の予測式によると住宅内外の気温差が 10°C 以下の時の、隙間相当面積が $1.0\text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下の高気密住宅における換気量は $20\text{ m}^3/\text{h}$ 以下になる。

Fig. 7 に示すとおり、換気停止により、室内空気中のホルムアルデヒド濃度は徐々に上昇し、停止後 3 日目には、停止前の値と比べて 2 階の寝室-2 で約 3 倍、他の 3 部屋で約 1.5 倍の値となった。また、換気装置を作動させると、いずれの部屋も 1 日後には換気停止前とほとんど同じ濃度になった。寝室-2 で換気の影響が大きいのは、他の部屋と比べて狭いにもかかわらず、レジスターの規格が同じであり、相対的に換気量が多くなっているためと考えら

Fig. 6. Indoor Formaldehyde Concentration in House-C

Formaldehyde in indoor air was adsorbed on DNPH-cartridge by suction using diaphragm air pump and determined by HPLC. ○, living room; △, bedroom-1; □, bedroom-2; ●, indoor temperature; ▲, outdoor temperature.

Fig. 7. Effect of Ventilation on Indoor Formaldehyde Concentration in House-A

Formaldehyde in indoor air was adsorbed on DNPH-cartridge by suction using diaphragm air pump and determined by HPLC. Ventilation was stopped at 8p.m. Sep.7 and started at 11a.m. Sep.10 after sampling of indoor air. ○, living room; □, kitchen; △, bedroom-1; ◇, bedroom-2; ●, indoor temperature.

最も低い値となった。このように、室内空気中のホルムアルデヒド濃度は使用する建材に大きく影響され、F₁相当品の建材を使用し、計画的な機械換気を行うことにより、新築時においても指針値の1/2以下の濃度におさえられることが確認された。

謝辞 本研究にあたり、調査住宅を御提供いただき、調査全般にわたって御協力いただいた株式会社アーキビジョン 21 に深謝致します。

References

- 1) Kubota M., Hirata S., Takahashi H., *J. of The Hokkaido Forest Products Res. Inst.*, **5**, 11 (1977).
- 2) Matsumura T., Muramatsu S., Kametani K., *Jpn. J. Pub. Health*, **30**, 303 (1983).
- 3) Matsumura T., Osada E., Kojima S., *J. Jpn. Soc. Air Pollut.*, **28**, 140 (1993).
- 4) Mitani K., Tsuchiya H., Sakai K., Yamanaka K., *J. Environ. Pollut. Control*, **21**, 42 (1985).
- 5) Muramatsu S., Okamoto S., Suzuki M., Matsumura T., Sasano H., *J. Jpn. Soc. Air Pollut.*, **27**, 314 (1992).
- 6) Inoue A., *Wood Industry*, **41**, 73 (1986).
- 7) Inoue A., Ono H., Chiba Y., *Wood Industry*, **45**, 313 (1990).
- 8) Sherman M.H., Grimsrud D.T., *ASHRAE Transactions*, **86**, 778 (1980).

れる。

室内空気中のホルムアルデヒド濃度は建材等からの放散量と換気による排出量に依存して変動する。今回の実験では換気停止後3日目に装置を作動させたが、ホルムアルデヒド濃度が平衡に達しているかは不明であり、さらに長期間停止した場合、ホルムアルデヒド濃度はさらに高くなる可能性があると考えられる。自然換気量は住宅内外の気温差や風速等に依存して変動するため、特に高気密高断熱住宅においては機械による計画的な換気をする必要があると考えられる。

まとめ

今回、同一建築会社で建築した3棟の住宅において、使用されている建材からのホルムアルデヒド放散量及び室内空気中のホルムアルデヒド濃度を調査した結果、室内空気中のホルムアルデヒド濃度は構造材や床材など大部分の建材がF₁相当品である住宅において