

健康配慮住宅への取組み 内装材料等からの化学物質による汚染対策

Countermeasures to Reduce Chemical Pollutants from Interior Building Materials for Housing

寒河江 昭 夫 荒 井 良 延 権 藤 尚 武 廣 絵里子
涌 井 健 三 好 功 一 中 山 實 箱 崎 英 男¹⁾
和 田 義 明¹⁾ 岩 井 孝 次²⁾

要 約

集合住宅などでの内装材料などから放散する化学物質の室内空気汚染による健康被害を防止するため、当社では設計施工の基本となる計測・評価法、低減材料選定、低減化技術、計画換気技術などの各種技術開発を全社的な体制で取組んでいる。ここで得られた情報は居住者の健康確保に関わる重要課題として、鹿島のホームページや学会報告などで積極的に公表してきた。本報では建材から放散するホルムアルデヒド汚染の対策技術として①部位別発生量計測技術②室内濃度予測シミュレーション技術③実大集合住宅での検証状況④結果の社外ホームページ公開などについて報告する。

目 次

- I. はじめに
- II. 当社の開発経緯
- III. 開発技術内容
- IV. 実験住宅での検証
- V. 情報の提供
- VI. まとめ

I. はじめに

内装建材や接着材料から放出するホルムアルデヒド(HCHO)やトルエンやキシレンなど、揮発性化学物質(VOC)に起因する空気質の汚染問題は、わが国の戸建住宅やコンクリート系の集合住宅をはじめとして、主に新築の気密度の高い住居で増加しつつある室内健康被害の一因と報告されている¹⁾。

また、健康問題に関して一部ではコンクリート系の集合住宅において、「内断熱工法が健康問題をはじめとする諸悪の根源であり、集合住宅は欧米に習い外断熱とせよ」との意見もある²⁾。

いずれにせよ、建築空間での健康性確保は安全性とともに常に維持されるべき基本課題であり、わが国もようやく公的な基準が設定されるなどの対策がとられつつある。ただし、これまで化学物質過敏症など健康不具合の発生原因が必ずしも建築の内装仕様にのみ起因するとは限らず、結果としてわが国の建築サイドの対応が遅れたことは否めない。ここでは、当社の取組みの基本的な考え方とその対策技術の概要を報告し、次世代健康住宅への展望を考察する。

II. 当社の開発経緯

この問題に関して、厚生省を始めとした「健康住宅研究会」では六つの優先取組物質、特にホルムアルデヒド放散量低減のための室内濃

度指針値0.08ppmの提示(1996年6月)を行ったが、それに呼応し各種団体の動きがある。社団法人住宅生産団体連合会では、平成10年6月、「健康住宅研究会」が取り上げた対策などを「住宅内の化学物質による室内空気質に関する指針」としてまとめた。同じく公共住宅事業者など連絡協議会は平成11年4月「公共住宅における室内空気汚染低減について」を公共住宅建設工事共通仕様書(平成9年度版)の追補解説として取りまとめ、都道府県市町村に通知した。さらに、建設省は「住宅品質確保の促進に関する法案」に「室内空気質」に関する項目を組み込み、2000年7月公示した。

「住宅品質確保の促進に関する法案」などは当面、仕様規定であるが、官庁営繕工事では完工時点での濃度測定が盛り込まれるなど、性能規定的な要素も取り込まれつつある。

一方、建材メーカーや一部の住宅関連の各社はこれらの動きを加速させ、低ホルムアルデヒド建材の発売や、販売住宅での気中濃度の性能表示や施工者に対する性能発注を推進し始めている。

この問題に関する当社の開発の経緯をTable 1に示す。1998年以降、集合住宅の設計施工に関して具体的な技術支援事例が増加しており、慎重かつ積極的な対応が要求されてきている。しかも、健康問題は多くの居住者や建築工事の従事者にとって共通の重要課題であり、当社における基本的な考え方として健康に配慮した建材の情報や健康仕様試行住宅

Table 1 開発経緯
(Development Particulars)

1974	住宅床暖房ホルムアルデヒド放出実験
1995	建設省・通産省・厚生省・農林省「健康住宅研究会」参加
1996	全社プロ「健康的室内環境の開発」開始
1997	「集合住宅の空気質向上の研究」開始
1996	飛田給D地区社宅空気質測定
1998	建設省「建築物におけるダイオキシン対策研究会」参加
1998	飛田給C地区社宅(健康仕様試行)建設
1998	設計および対策事例の増加への対応
1999	(社)建築業協会・住宅性能保証空気質WG参加
2000	「健康配慮住宅ホームページ」開設

- 1) 設計エンジニアリング総事業本部
- 2) 建築技術本部

キーワード：室内空気汚染, HCHO, VOC, 集合住宅
ホームページ

における測定結果については温湿度条件など物理的な状況を記載した上で、できる限り速やかに情報開示すべきものとして対応してきた。

Ⅲ. 技術開発内容

1. 特徴

各種計測法及び設計施工法時点での確認方法については、集合住宅の特性を考慮して簡易計測法などを整備してきており、それらは文献他に示した³⁾。ここでは、筆者らの開発の基本について示す。

- ①部位別発生量の計測技術開発により実際の建築物におけるホルムアルデヒド放散量を知り、材料試験による発生量とこれらの結果との関係を導き出し、設計段階での材料選定や濃度評価及び対策を可能とする。
- ②室内濃度予測のためのシミュレーション技術を開発し、空気質問題の他、温湿度、結露防止、省エネルギーなど建築や設備システムの構成がバランス良く設計できるようにするための手法を開発する。
- ③将来のリフォームなどを考えるとその入居者にも建材情報や換気性能など住戸の特性を伝達できるようにするためのデータベースを構築し、情報開示する。

2. 部位別発生量の計測装置（フォルメット）

ホルムアルデヒド発生量の計測法としてデシケータ法があるが、この方法は合板工場などで生産直後の材料片のホルムアルデヒド放散特性を等級分けするための試験法であり、この方法のみでは実際の建物における発生量は求められない。そこで筆者らは床や壁といった建築内装を構成する部位からの実際の発生量を直接測定できる部位別発生量計測装置（フォルメット）を開発した。Photo 1に装置概要を示す。

フォルメットは建材・家具などから発生するホルムアルデヒドやVOCを床・壁・天井・棚板などの部位別毎に同時計測でき、シックハウスの汚染源特定や住宅の完成時の品質管理に使用できるものである。

装置はFig. 1に示すように捕集ボウル、ポンプ、シャフト、捕集管、温湿度センサーで構成され、同時に多数の部位の計測が可能となる。現在、多くの住戸でのデータの蓄積を行っている。

3. 温熱空気環境総合評価プログラム「キャナリープラン」

住宅の空気質・温湿度・換気性能・省エネ性を総合的に評価できる計画プログラムとして「キャナリープラン」を開発した。このプログラムは建物の断熱性、気密性、内装仕様、換気方式などをバランス良く計画するための計算プログラムである。一般にホルムアルデヒドをはじめとした化学物質の建材などからの放散量は温湿度が高いほど多くなるとされているが、この場合に換気運転による室内濃度低減が考えられる。しかし、室内温度低下や動力費の増加が生じ、換気運転を確実なものとするために温熱環境や省エネルギーを併せて評価する必要が生ずる。この計画プログラムを用いることにより、建築データ、気象データ、使用条件などをもとに、温湿度・換気との連成解析によって建物の建設地点に合致した汚染対策が立案できる。Fig. 2に構成を示す。特徴を以下に示す。

- ①室内空気のホルムアルデヒドなど汚染ガス濃度予測
- ②熱湿気同時移動モデルによる多数室非定常温湿度環境予測
- ③換気回路網計算による汚染空気の空間移動の予測
- ④冷暖房や換気に要するエネルギー使用量評価

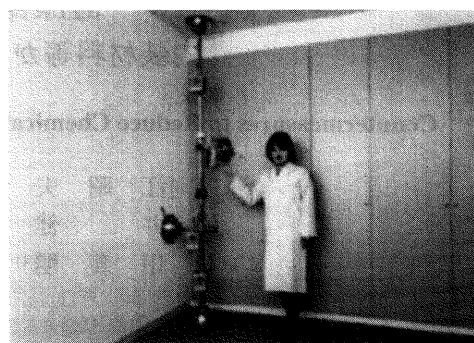


photo 1 フォルメット
(View of HCHO Monitoring System)

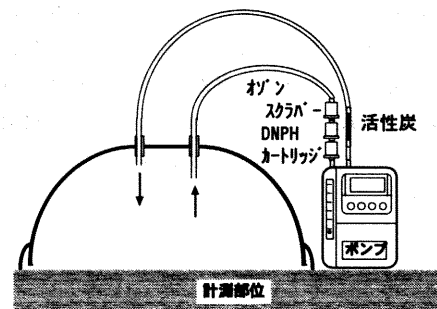
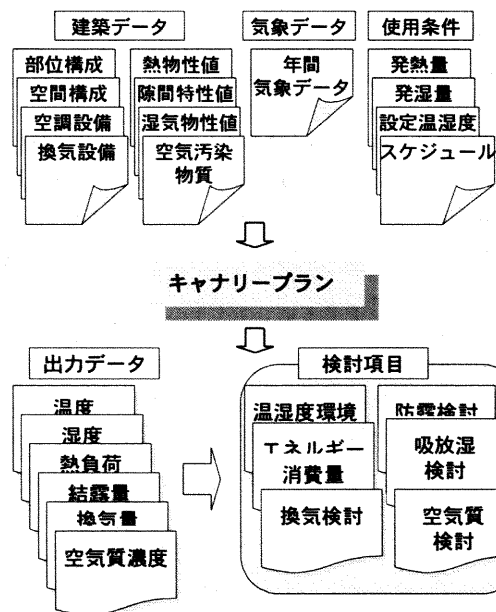


Fig. 1 装置概要
(HCHO Monitoring System)



「キャナリープラン」の入出力項目
Input and output items of "CANARY-PLAN"

Fig. 2 キャナリープランの構成
(Items of Calculation Program)

Fig. 3に1996年竣工の社宅（東京都；調布市）を対象とした計算結果を示す。計算結果では各室の温度と空気の流れ方向、機械換気量と窓など開口部分からの移動空気量が示されており、室内ホルムアルデヒド濃度が部屋毎に求められている。特に外部に窓などが

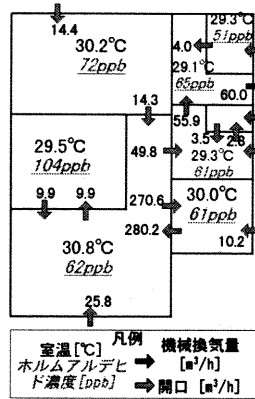


Fig. 3 計算結果
(Air Quality Calculation Results)

無い部屋での濃度が高く表示されており、これらは既に文献⁴⁾に報告したとおり実際の建物での測定傾向と一致する。

4. 低ホルムアルデヒド建材データベース構築

低ホルムアルデヒド建材データベースは、当社の設計者や施工技術者が低ホルムアルデヒド建材を選定できるように内装関係の建材メーカーへの面談調査により収集したデータを社内用にまとめた。ここでは建材の中でもホルムアルデヒドの発生量が比較的多く、居住者の健康への影響が問題視されているフローリングを取り上げ、F1等級クラスの製品データベースを公開した。建材メーカー22社の200種類以上の製品データを網羅しており、低ホルムアルデヒド製品の選定に活用できる。

IV. 社宅での実証実験 (文献^{5) 6) 7) 参照)}

1. 建築構成

これまで開発してきた各種技術の適用と健康住宅の設計・施工仕様を検討するため、建築と設備仕様の異なる4住戸を用いた実証実験を実施した。

建物はPhoto 2に示すようにRC造3階建て、全30戸の集合住宅で、住宅プランは2LDKの共通間取り、床面積は61.3㎡である。このうちの3階部分のA, B, Cの3住戸を実験住戸とし、1階のD住戸は比較試験住戸とした。

Table 2は住戸の組み合わせ、Table 3は建築仕様である。特にF1と

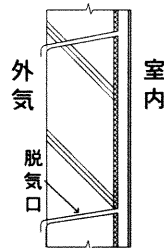


Fig. 5 壁体脱気
(Exhaust Wall System)

Table 2 住戸の組み合わせ
(List of Testing Housings)

住戸	建築	換気設備
A	F2仕様	第3種換気
B	F1仕様	第3種換気
C	F2仕様	第1種換気 (24時間換気)
D	F2仕様 壁体脱気	第3種換気

Table 3 建築仕様
(Finishing Material List)

部位・材料	F2仕様	F1仕様
床 (洋室・和室以外)	F2フローリング	F1フローリング
床 (洋室)	タイルカーペット	同左
床 (和室)	ポリスチレン床畳	炭化コルク畳
押入れ	F2合板	F1合板
収納家具	E1パーティクルボード	同左
キッチンセット	E1扉+F2合板	E1扉+F1合板
木製扉 (建具)	F2合板+塗装仕上げ	F1合板+脱塩ビシート
壁下地材 (洋室)	石膏ボード	天然ゼオライトパネル
壁紙 (洋室)	ビニルクロス (RAL)	透湿性クロス
接着剤	低ホルムアルデヒド型	同左

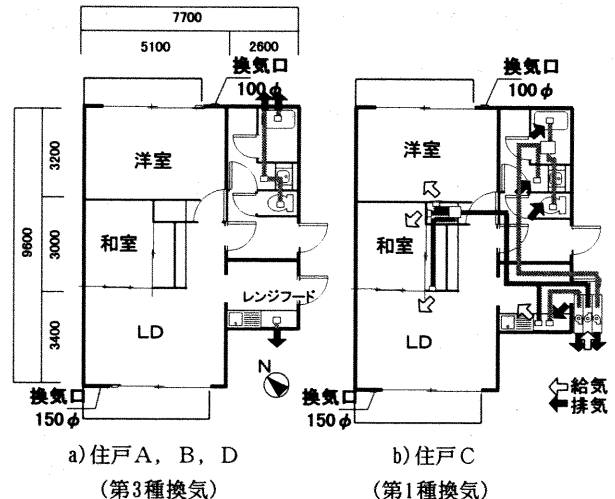


Fig. 4 計測対象住戸
(Plan of Test Housing and Ventilation System)



Photo 2 実験住宅 (東京・調布市)
(View of Test Housing)

F2の違いを見ることが主目的である。なお、Fig. 4に平面と換気方式、Fig. 5に住戸Dの躯体脱気パイプを示す。

2. 建材の検討

この建物で使用する材料についてフォルメットを用いホルムアルデヒドの発生量を求めた (Photo 3)。各建材のホルムアルデヒド発生量をFig. 6に示すが、直貼フローリング (F2タイプ) と普通合板からの発生が大きいことがわかる。また、F1, F2合板のホルムアル

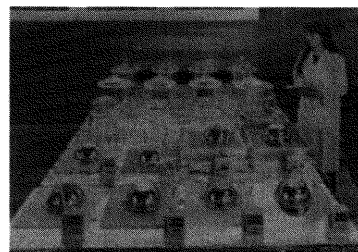


Photo 3 建築材料実験
(View of Testing of HCHO Emission)

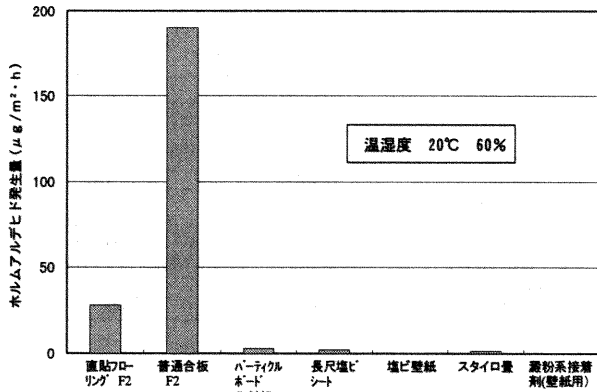


Fig. 6 各建材からのホルムアルデヒド発生量
(Measuring Results of HCHO Emission)

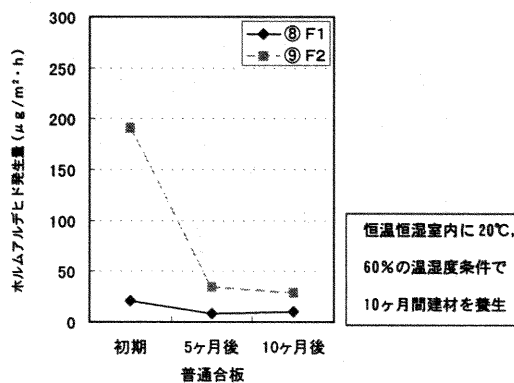


Fig. 7 合板からのHCHO発生量経時変化
(Measuring Results of HCHO Emission)

デヒド発生量の経時変化は、Fig. 7 に示すように時間経過とともに減衰するが、10ヶ月経過時点でもF2はF1の初期値を上回る発生があることなどがわかった。

3. 測定及び結果

(1) 測定条件

対象となった住戸A～Dは本調査のために未入居とし、週7時間程度の窓開け換気を実施した。室内気中濃度、部位別発生量はホルムアルデヒドを調査した。室内濃度は住戸の通気時間、閉鎖時間などの住戸条件に影響を受けるため、一定の計測手順を決めて行った。

計測日前日は室内ドア、収納ユニット、押入などは全て開放し、7時間窓開け換気を行い住戸内を換気させた。その後窓を閉め18時間放置した。計測日当日は、窓は開けず、住戸内の室内ドア、収納ユニット、押入などは窓開け換気時と同様全て開放し、単室化した状態で計測を行った。

(2) 温湿度

乾球温度・露点温度の月平均値の推移をFig. 8に示す。冬季から夏季にかけて、温湿度が上昇する状況が判る。竣工直後(12～3月)の住戸A・Bの露点温度が高いのは、生活に伴う湿度はないため、コンクリート躯体の初期水分が蒸散した結果と思われる。住戸Cの露点温度が外気に近いのは24時間換気の効果である(但し住戸Cの温度が高いのは居住者のいる隣接住戸からの伝熱の影響)。住戸Dの露点温度が外気に近いのは「壁体脱気方式」の効果として壁体内の湿度が自然排出され

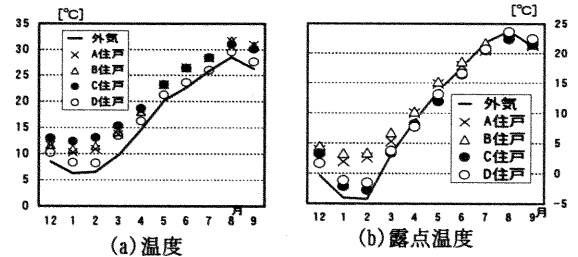


Fig. 8 温度・露点温度(月平均値)
(Measuring Results of Temperature and Humidity Average)

Table 4 サンプリング時の温湿度
(Measuring Results of Temperature and Humidity)

住戸	12月	2月	4月	6月	8月
A	12.2 60.6	12.3 57.6	24.4 70.3	29.8 72.5	33.5 73.7
B	12.0 61.3	12.0 61.2	24.1 68.1	29.8 72.6	33.1 75.8
C	12.5 58.0	- -	24.5 58.9	29.7 66.3	32.8 66.1
D	10.0 58.0	- -	22.8 63.8	27.3 73.0	31.4 70.2

上段：温度[°C]、下段：相対湿度[%]

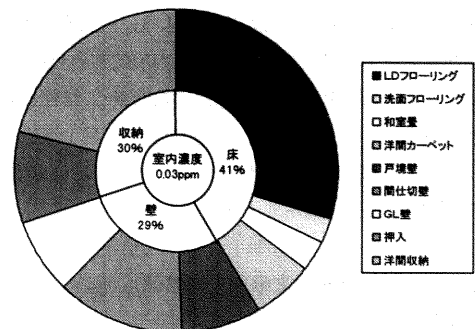


Fig. 9 各部位からのホルムアルデヒド発生量の割合(12月)
(Contribution Ratio of HCHO Monitoring)

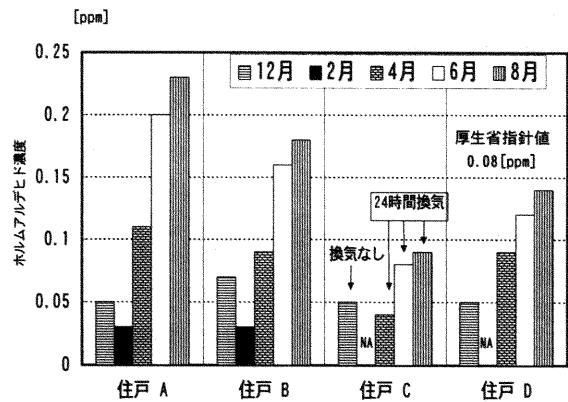


Fig. 10 ホルムアルデヒド濃度
(Measuring Results of HCHO Emission)

た結果と判断する。

(3) 部位別発生量

測定で求めた部位別発生量と設計図書の面積とを掛け合わせることで、各部位からのホルムアルデヒド発生量の割合を示すことができる。Fig. 9に12月の結果を示すが、この場合は床面からの放散量が最大で41%であることを示している。他の事例の結果でも床面からの放散が最大であることが多く、床は対策の要点である。

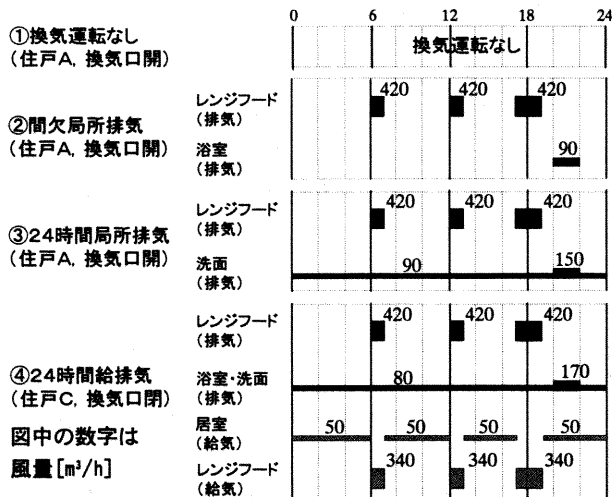


Fig. 11 換気実験(4パターン)(3月)
(Ventilation Schedule)

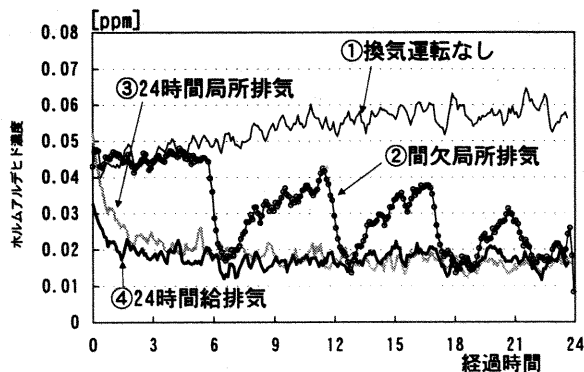


Fig. 12 LD室のホルムアルデヒド濃度変動(3月)
(Measuring Results of HCHO)

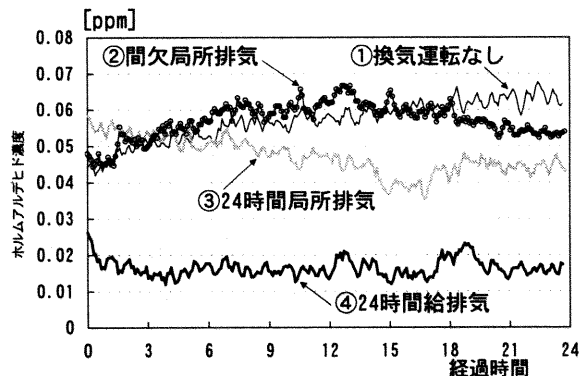


Fig. 13 和室(無窓室)のホルムアルデヒド濃度変動(3月)

(4) ホルムアルデヒド気中濃度

Fig. 10に示すように温湿度の上昇に伴うように各住戸のホルムアルデヒド濃度は上昇した。住戸Bは住戸Aに比べ濃度が低く、低ホルムアルデヒド建材の効果を確認できた。ただしTable 4に示すように6月と8月に室温がほぼ30℃を超える状況では住戸Bでも厚生省指針値0.08ppmを越えたが、建築仕様を低ホルムアルデヒド建材にするだけでは空気汚染対策として不足する場合があることを示している。なお、住戸Bで竣工直後(12月)に濃度が高いのは内装工事時期が他よりも遅かったからである。住戸Cでは一般建材にも

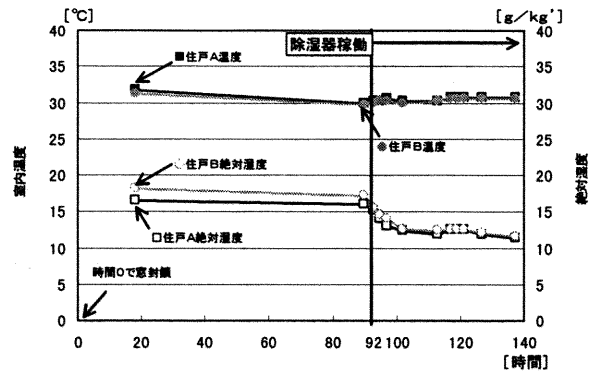


Fig. 14 除湿による室内温度・絶対湿度の変化(8月)
(Measuring Results of Temperature and Absolute Humidity)

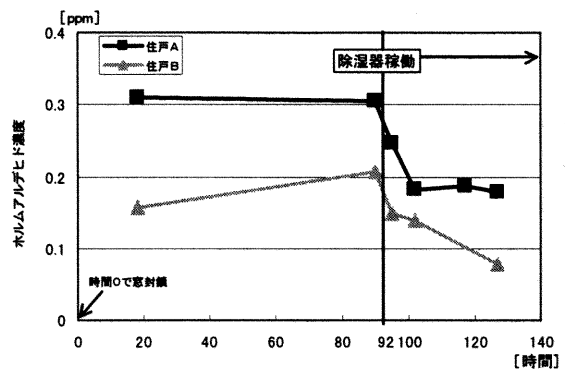


Fig. 15 除湿による室内ホルムアルデヒド濃度変化(8月)
(Measuring Results of HCHO)

拘わらず温湿度の高い夏季でも指針値以下であった。低ホルムアルデヒド建材(F1仕様)で、かつ24時間換気であれば、さらに濃度は低くなるものと予想される。住戸Dの濃度は住戸B・Cの中間であり、Fig. 5壁体脱気によって壁体中の汚染ガス(ホルムアルデヒドなど)は徐々に自然排出されたものと思われる。

(5) 換気効果 (Fig. 11, 12, 13 参照)

①換気運転なし(住戸A): 換気運転しない場合には、24時間後のホルムアルデヒド濃度は上昇し各室とも0.06ppmとなった。測定日は微風であった。

②間欠局所排気運転(住戸A): 生活に伴う換気運転により、ホルムアルデヒド濃度は減衰しLD・洋室では0.03ppmに低下した。しかし、レンジフード運転により大量の外気が流入するため室温が1~2℃下がることや内外差圧が大きくなり風切音の発生・扉開閉の困難などの問題が発生した。また、外気が給気されない和室ではホルムアルデヒド濃度は減衰しなかった。

③24時間局所排気運転(住戸A): 洗面所のファンを24時間運転することで居室の換気口から給気され、LD・洋室ではホルムアルデヒド濃度が0.02ppmまで減衰した。換気量は少量のため居室での急激な温度変化はなかった。外気が給気されない和室においてはホルムアルデヒド濃度が0.04ppmと他室ほどの濃度減衰がみられず、給気ルートの確保が重要であることを示唆していた。

④24時間給排気運転(住戸B): 各居室への給気を行っているため確実に各居室の濃度は減衰し、24時間後にはホルムアルデヒド濃度が0.02ppmまで減衰した。換気が不十分な居室がある場合にはこう

した方式が有効であった。

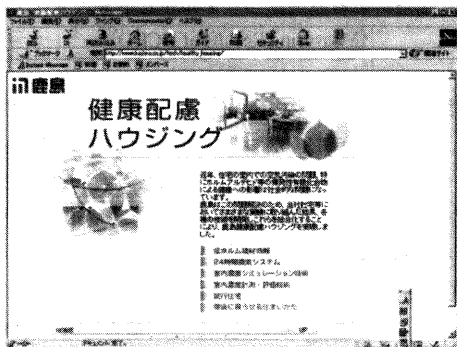
(6) 除湿効果 (Fig. 14, 15 参照)

6月から8月の室内ホルムアルデヒド濃度が高かったが、これは無人状態で室内が高温、高湿になった事が影響している。実際に居住者がいる状態では、エアコンや除湿器を運転する事が予想され、その場合は、温湿度低下による建材からの発生量の低下と、冷却凝縮面での凝縮・除去により室内濃度が低減する効果が期待される。ここでは、除湿器を用いた場合のホルムアルデヒド濃度の低減効果を実証的に検討した。室内濃度とドレン水中のホルムアルデヒド濃度も計測し、室内濃度と捕捉量に関して検討を行った。今回の実験範囲では室内濃度は除湿と共に減少し、運転前の濃度に対し4割程度減少する結果を得られた。ドレン水中にホルムアルデヒドを検出し、除湿の際にホルムアルデヒドを捕捉する事を確認した。ドレン水へのホルムアルデヒド捕捉量は室内濃度に依存する事を実際の室内濃度範囲で確認した⁸⁾。

V. 情報の提供

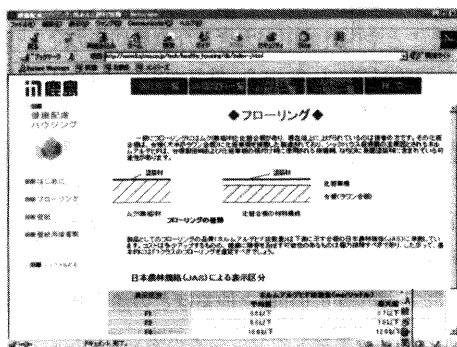
鹿島の「健康配慮ハウジング」をテーマにしたホームページでは、健康住宅の提供を可能にする健康仕様と総合技術を紹介している。

1. 低ホルムアルデヒド建材データベース
2. 24時間換気システム
3. 室内環境のシミュレーション
4. 化学物質の部位別発生量計測装置



http://www.kajima.co.jp/tech/healthy_housing/

Fig. 16 鹿島ホームページ
(Kajima Home Page of Healthy Housing)



http://www.kajima.co.jp/tech/healthy_housing/db/index-j.html

Fig. 17 鹿島ホームページ
(Kajima Home Page of Healthy Housing)

5. 実験住宅での研究成果

6. 住まい方の手引

特に、当社が保有する「低ホルムアルデヒド建材のデータベース」に関しては、広く社外へ公開することが重要と考え、2000年6月に社外公開した。すでに数千件のアクセスがある。参考のためアドレスをFig. 16, 17に示す。今後とも情報公開できるための作業を継続して行っていくことを予定している。

VI. まとめ

以上の要点を以下にまとめる。

- ①部位別発生量計測装置フォルメットを開発し、建物竣工後の測定からHCHOの部位別放散の実態を明らかにし、特に、床面が大きな発生原因となることを示した。
- ②実験住宅での測定結果より、低ホルムアルデヒド建材を利用しても室温が30℃を超えた場合など厚生省の指針値0.08ppmを超えることがあり、低ホルムアルデヒド建材を用いる場合でも、必要条件として24時間換気が具備されるべきであることを示した。
- ③更に、建築的には壁内汚染を排出する躯体脱気パイプや、除湿機によるホルムアルデヒド低減効果の可能性を示した。
- ④健康的な建材情報の公開は重要であり、当社は業界で初めて低ホルムアルデヒド建材のデータベースを公表した。

鹿島の健康住宅仕様は、技術研究所、建築技術本部、設計エンジニアリング総事業本部、支店の技術部門などからなる全社プロジェクトチームによる技術開発成果を体系化し、計画段階から実際の設計・施工時の濃度測定まで一貫して対応可能な次世代健康住宅への総合技術として体系化しつつある作業の一部であり、社内外の多くの関係者の協力により実現したものであることを記して謝意を表する。

参考文献

- 1) (財) ベタリーピング・住宅部品PLセンター資料など。
- 2) 赤池、榎本、金谷；日本のマンションに潜む史上最大のミステーク TBSブリタニカ、1999。
- 3) 武廣他；新築集合住宅における空気質－HCHO・VOCの実態調査－、第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール大会予稿集、(1998. 4)。
- 4) 荒井良延・権藤尚他；新築集合住宅における空気質環境(その1)(その2) 日本建築学会学術大会学術講演梗概集、(1998. 9)。
- 5) 涌井他；新築集合住宅における空気質環境(その4)－建材から発生するホルムアルデヒド・アセトアルデヒドの経年変化－日本建築学会学術大会学術講演梗概集、(2000. 9)。
- 6) 武廣他；新築集合住宅における空気質(その2)－HCHO低減対策技術の検討、第18回空気清浄とコンタミネーションコントロール大会予稿集、(2000. 4)。
- 7) 荒井他；集合住宅の温湿度・空気質環境計画に関する研究(その3)：日本建築学会大会学術講演梗概集、(2000. 9)。
- 8) 武廣他；新築集合住宅における空気質環境(その5)－除湿器によるHCHOの低減効果－。
- 9) 寒河江；「健康住宅」月報KAJIMA、(2000. 1)。