

室内ホルムアルデヒドおよびVOC低減手法の開発

— シミズ換気システムについて —

山口 一 芝沼 安 成富 隆昭 三浦 靖弘 富岡 一之
(技術研究所) (設計本部) (技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

Development of the Reduction System of Volatile Organic Compounds, including Formaldehyde, in Rooms

— Shimizu Ventilation System —

by Makoto Yamaguchi, Yasushi Shibamura, Takaaki Naritomi, Yasuhiro Miura and Kazuyuki Tomioka

Abstract

Construction of new buildings in Japan are changing from the traditional well-ventilated ones to thermally insulated airtight ones to meet the increasing need to save energy and to provide comfortable thermal environments. If adequate ventilation is not maintained in these buildings, such problems arise as high humidity and dew condensation in the rooms. Allergies, sick house syndrome, and chemical sensitivity triggered by volatile organic compounds (VOCs), including formaldehyde, have become critical issues. This paper explains the amended Building Standard Law and introduces Shimizu Ventilation System, or a ventilation system developed by Shimizu Corporation as one of the most effective tools for taking measures against air contamination with VOCs, including formaldehyde, in apartments and office buildings.

With the conventional ventilation system for apartments (Class 3) refined, the system consists of indoor and outdoor temperature sensors, intermediate fans with a multistage tap changer, and motor-driven damper for adjustment of ventilation rates. The system provides the precise control of air quality, particularly when the emissions of chemicals are large, such as after the new construction, remodeling, or renewal of buildings and in summer season. The system can efficiently reduce the concentration of chemicals in the rooms by automatically increasing the ventilation rates when the emissions of chemicals from building materials increase.

概 要

本稿では、集合住宅やオフィスビルなどにおいて、ホルムアルデヒド・VOCによる空気汚染の対策の中で、最も有効なツールの1つである換気方法について、当社が開発した「シミズ換気システム」を中心に紹介する。本システムは、従来の集合住宅の換気システム（第3種）を改良し、室内外に温度センサーや多段タップ切り換えの中間ファン、換気風量調整用の電動ダンパなどを設置したダクトレスでありながら各室の換気風量が制御できる新しい換気システムである。特に、化学物質の放散が高い新築時やリフォーム・リニューアル時、および夏季にもきめ細かい制御を可能にした。また、建材などからの化学物質の放散量が多くなる場合に、自動的に換気量を上昇させ、効率的に室内化学物質の低減を図ることができる。

§ 1. はじめに

近年、省エネルギーや快適な温熱環境のニーズから、日本の建物は、伝統的な通気性、通風性の高い建物から断熱・気密性の高いものへと変遷してきている。特に、建材の規格化や精度の高い施工技術は、居住・執務空間に高い気密性を確保させ、遮音・防

音性、冷暖房のエネルギー効率などの優れた性能を施した。日本人は、1日の約80%を住宅やオフィスビルなどで過ごしており、高気密・高断熱化された建物で適切な換気がされない場合、室内湿度の上昇、結露などの問題が生じ、ダニ・カビ・ハウスダストなどによるアレルギー疾患、および建材や家具などから発生するホルムアルデヒドや揮発性有機化合物

(Volatile Organic Compounds : VOC) ^{註1)} によるシックハウスや化学物質過敏症 (Multiple Chemical Sensitivity : MCS) が問題となっている¹⁻²⁾。

行政側の対応も迅速であり、本年 (平成15年) 度も様々な動きがあり、住宅ばかりでなく、学校や職場、公共施設などの対応も進んでいる³⁻⁶⁾。厚生労働省における室内化学物質の指針値の策定は13物質となり、文部科学省では、「学校環境衛生基準」が改正され、ホルムアルデヒド・トルエン・キシレンなどに対し、引渡し時の性能確保と定期検査などが追加された (平成14年2月)。さらに「職域におけるホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン」の策定 (平成14年3月)、および「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(ビル管理法) の改正では、ホルムアルデヒドの項目が追加された (平成15年4月)。国土交通省でも、建築基準法が改正され、クロルピリホス使用建材の禁止、および建築物の気密性の区分、居室の種類、換気設備の区分や建材の等級に応じたホルムアルデヒド使用建材の制限などが含まれることとなった (平成14年7月公布、平成15年7月施行)。また、国土交通省による「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(品確法) も建築基準法の改正に伴い、住宅性能表示制度において、測定対象となる化学物質は、これまでのホルムアルデヒド・トルエン・キシレン・エチルベンゼンおよびスチレンの5物質に加え、アセトアルデヒドが追加されるなどの内容の改正があった (平成15年4月)。経済産業省も建材や室内における化学物質の測定法のJIS化を進めており、既に建築ボード類のホルムア

ルデヒド測定法 (JIS A 1460-2001)、小形チャンバー法 (JIS A 1901-2003) およびホルムアルデヒドの放散等級に関する建材のJISが完成している (表-1)。

本稿では、集合住宅やオフィスビルなどにおいて、ホルムアルデヒド・VOCによる空気汚染の対策の中で、新しい換気システムについて取り上げる。

§ 2. 測定方法

2. 1 実住戸での測定

2. 1. 1 住戸での測定条件

厚生労働省のガイドラインに則り、室内の化学物質のサンプリングを行った (写真-1、図-1)⁴⁾。測定は、既築の集合住宅 (3LDK : 80 m³、平成8年築) の2住戸を使用した。室内の化学物質濃度は、新規の建材の設置と床へのワックス塗布により調整した。

2. 1. 2 測定および分析方法

(1) 湿温度

温湿度センサー (おんどとり、TR-72S、ティアンドディ) を室内に数カ所、室外のベランダに一カ所設置し、経時的にデータを収集した。

(2) VOC濃度とVOC種類の定性分析

VOC濃度については、テナックス管に室内空気を10L吸引し、ガスクロマトグラフ (GC、島津製作所GC-17A) にて分析・定量した (固相吸着/加熱脱着-GC法)。VOCの定性分析は、ガスクロマトグラフ質

表-1 最近の行政の動向

| | 学校環境基準 | 建築基準法 (改正) | 品確法 | ビル管理法 |
|--------|--|-----------------------------------|---|---------------------------------|
| 対象化学物質 | ホルムアルデヒド トルエン キシレン p-ジクロロベンゼン ¹⁾ | ホルムアルデヒド クロルピリホス ²⁾ | ホルムアルデヒド ³⁾ トルエン キシレン エチルベンゼン スチレン アセトアルデヒド | ホルムアルデヒド |
| 対象項目 | 性能確保 (保証) | 確認申請、中間・完了検査申請 | 住宅性能表示制度 | 性能管理 |
| 測定時期 | 引渡し時 ⁴⁾ | なし | 認定時 | 施工後直近6月~9月 |
| 達成レベル | 厚労省指針値 | 厚労省指針値を基に算定 ⁵⁾ | 測定値 ⁶⁾ | 厚労省指針値 |
| 成立時期 | H14.2改訂 | H14.7公布 H15.7施行 | H15.4改正 | H15.4改正 |
| 対象用途 | 学校 | 建築物 | 住宅 (戸建・集合) | 延床面積3000m ² 以上の特定建築物 |
| 所轄官庁 | 文部科学省 | 国土交通省 | 国土交通省 | 厚生労働省 |

1) トイレ等で使用する場合以外は、必ずしも測定しなくともよい。2) 現在日本では、製造中止となっている。3) 住宅性能表示を取得する場合は、ホルムアルデヒドは必須、その他の物質は任意選択。4) 学校用備品の搬入時など、対象化学物質の発生のおそれがある場合。5) ホルムアルデヒドについては、使用する建材の施工面積制限や機械換気の仕様を特定。クロルピリホスは使用禁止。6) 実際の測定値で認定。各基準、法律等をシックハウスに関し簡単にまとめたが、正確に理解するためには、各省庁から資料等を参考のこと。

量分析計 (GC/MS、島津製作所 QP-5000) にて分析・同定した。なお、総揮発性有機化合物 (Total VOC : TVOC) 濃度は VOC の総量をトルエン換算した。

(3)ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド濃度
カートリッジとしてDNPH (2, 4-ジニトロフェニルヒドラジン) サンプラー (Waters 製) を用いて 22.5 L の室内空気をサンプリングし、高速液体クロマトグラフ (HPLC、HP1100 ; Hewlett Packard) にて分析・定量した (DNPH-HPLC 法)。

(4)臭いセンサーによる室内化学物質濃度のモニタリング

今回、使用したセンサー (半導体タイプ) は、アルコール類や有機溶剤に高感度に反応するタイプで、アルコール、トルエン、キシレン、ベンゼン、n-ヘキサン、メタンやアセトンなどの検出が可能である⁷⁾。臭いセンサーの出力を経時的にデータログに蓄積し、パソコンで処理した。

§ 3. 室内化学物質の対策の概要

一般に、室内の化学物質濃度は、化学物質を放散する建築材料の種類、施工場所とその使用量、および室内に放散し蓄積した化学物質とそれを希釈する換気量によって決定される。平成10年3月に健康住宅研究会が発行した「室内空気汚染の低減のための設計・施工ガイドライン」では、建築材料からの化学物質の基本的な特性について、以下の6項目を記しており⁸⁾、対策を実施する際には、これらを十分に配慮する必要がある。

- (1) 化学物質の室内濃度は、放散する建築材料の使用量に正の相関があること。
- (2) 建築材料の選択によって、化学物質の放散が低減できること。
- (3) 化学物質の室内濃度は、時間が経るにつれ次第に低減していく傾向にあり、この低減速度は建築材料の種類、放散する物質によって異なること。
- (4) 建築材料の温度が高くなると、化学物質の放散量は大きくなる傾向があること。
- (5) 換気量が多くなると化学物質の室内濃度は希釈され低くなること。
- (6) 外装、基礎・床下・天井・構造躯体、内装下地材、内装仕上材の順番に後者ほど室内濃度への影響が大きくなる傾向があること。

シックハウスの対策としては、設計・計画段階における施主や住まい手との事前の確認・合意、その他与条件の把握、使用建材・施工材の選定、適切な

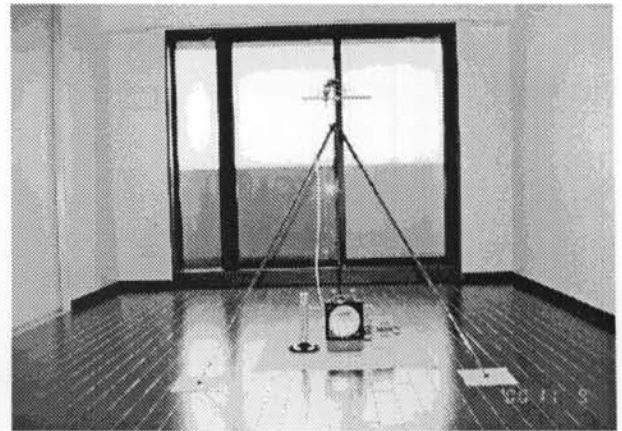


写真-1 測定風景

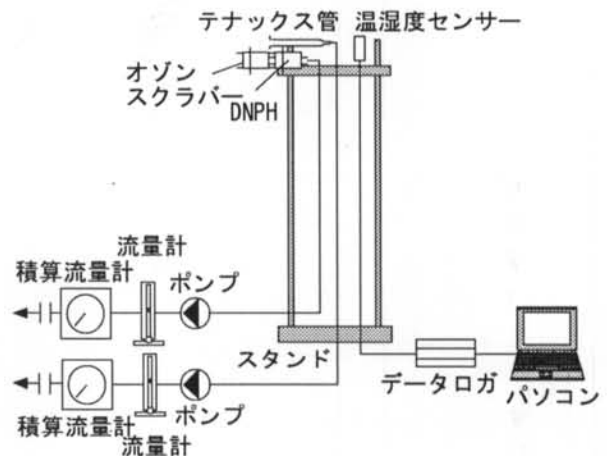


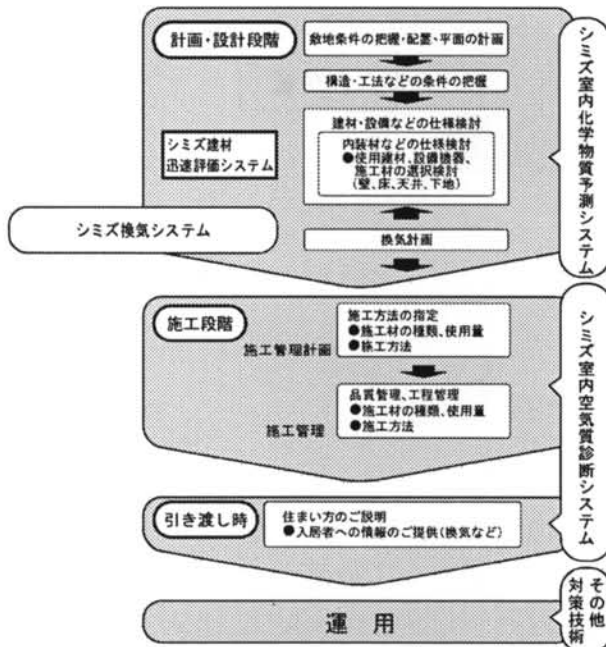
図-1 測定フロー

換気計画の設定、施工段階における適切な管理、および引渡し時における施主や住まい手への適切な対応である (図-2)⁹⁾。

§ 4. 換気計画

換気設備による濃度低減が一般的に行われている。建築基準法の今回の改正にも、換気設備の設置が求められており、健康な空気環境を実現するために必要な設備である。必要な換気量は次世代省エネルギー基準においては0.5回/hの換気回数として示されており、品確法ではRC造の場合、0.1回/hの自然換気と0.4回/hの機械換気の組合せとして規定されていたが、建築基準法の改正にあたり、品確法でも0.5回/hの換気性能を有する機械換気の設置と改正された³⁾。濃度を低減するためには、換気量を増やせば良いが、省エネルギーや快適性の観点から、

適切な換気量を選択する必要がある。今回は、次世代省エネルギー基準、品確法および改正建築基準法をベースとした、省エネルギーにも配慮した新しい換気システム（シミズ換気システム）を開発したので紹介する¹⁰⁾。



健康住宅研究会「室内空気汚染低減のための設計・施工ガイドライン」(平成10年)から抜粋
 当社では、建物のライフサイクルの多段階で対応するシステムを確立している。

図-2 健康建築の設計・施工フロー

4.1 シミズ換気システムの特徴

化学物質の放散量が、室温の上昇と共に増加することに着目し、室内化学物質濃度を低減することが可能な新しい24時間換気システムである(図-3)。本換気システムは、水廻り換気用(UB、洗面、WC)に設置する中間ダクトファンを利用した第3種換気システム(排気はファンによる機械排気、給気は室内外の圧力差を利用した自然給気方式)をベースとしている。機械排気に使用する常時小風量換気ユニット、各室に設置するモータダンパ付換気レジスタ(居間に設置するレジスタには外気温度センサー付)、各室に設置する室温センサー、およびメインコントローラにより構成されている。これらの機器を組み合わせ、各種の運転制御が可能となっている。

4.1.1 各室の個別換気量制御による化学物質濃度の低減

室温の上昇と共に増加する室内濃度を低減するために、各室の温度センサーが室温を監視している。一定温度以上の場合、モータダンパ付換気レジスタを全開とすると共に、開閉信号をメインコントローラに送り、常時小風量換気ユニットの風量を段階的に増加させ、当該の居室の換気量を増加させ、室内化学物質の濃度を低減するものである。これらは居室毎に個別制御が可能となっている。また、モータダンパ付換気レジスタは、最小開度の設定が可能となっており、改正建築基準法や品確法などの

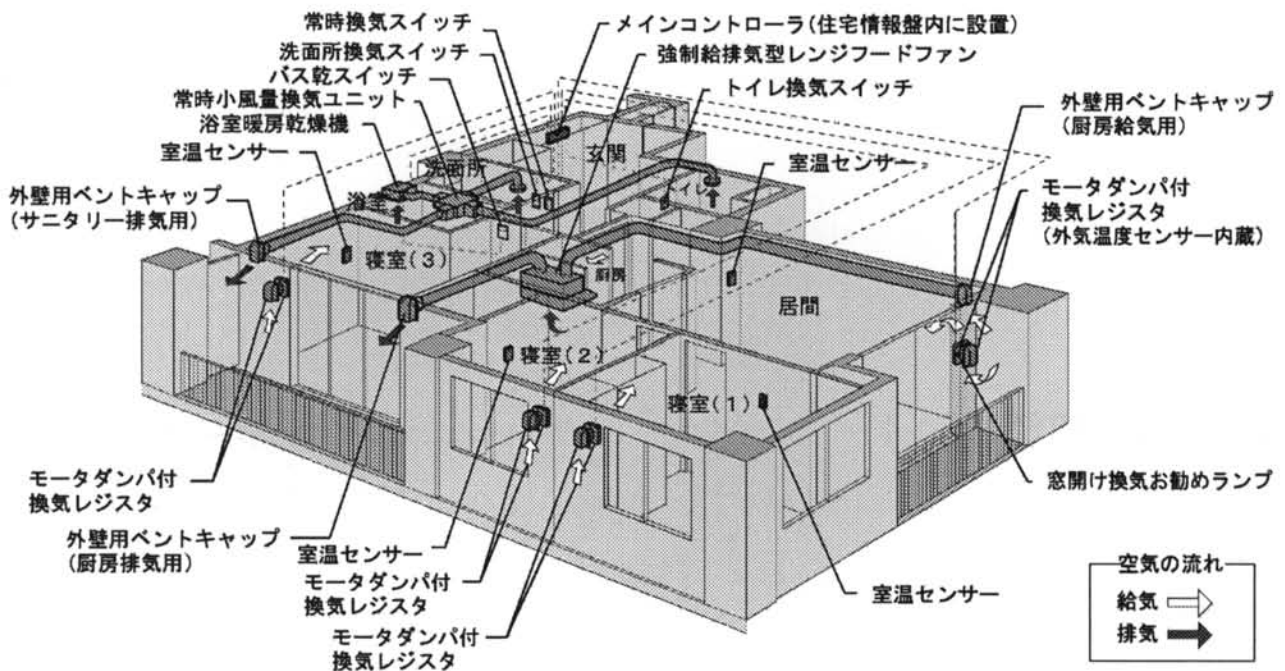


図-3 シミズ換気システムの概観

必要換気量は確保される。

4. 1. 2 夜間などの外気導入による冷房負荷の低減

居間に設置される換気レジスタに付属する外気温度センサーを利用し、室温と外気温度を比較し換気量の制御を行う。外気温度が室温より低い場合は、換気量を増加させ冷房負荷の低減を図る。

4. 1. 3 窓開け換気お勧めランプ

外気温度の状態を監視し、窓開放による通風が可能と判断した場合に表示を行う。自然通風による省エネルギーを積極的に行うことが可能となる。

4. 1. 4 経年やリフォームなどによる放散量増減への対応

常時小風量換気ユニットには、新築時と経年時を想定した2段階の風量制御を選択可能としている。これにより、経年やリフォームなどによる放散量の増減に対して、適切な換気量を選択する事により、省エネルギーが図れる。第3種換気であるので、既築住宅への設置も容易である。

4. 1. 5 水廻り排気との協調制御

水廻りに設置される換気スイッチの状態により、水廻りで必要な換気量を確保できるよう、モータダンパ付換気レジスタの開閉制御を行う。

これら5項目の機能により、風量切り換え制御を持たない従来型の常時換気システムと比較し、室内化学濃度を約50%低減すると共に、表-2に示したようなメリットがある。

§ 5. 本換気システムの性能検証

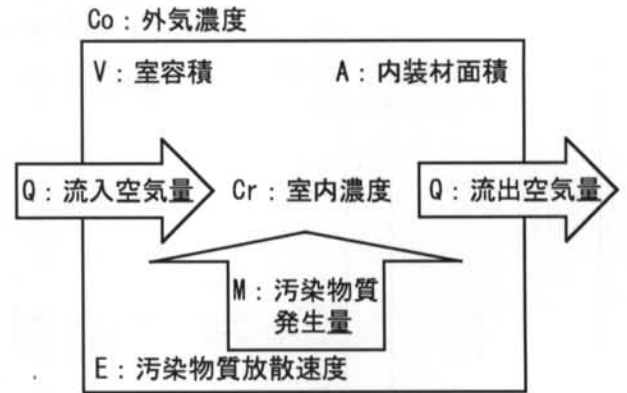
5. 1 住戸での性能予測

第3種換気方式においては、RC造の集合住宅のよ

表-2 シミズ換気システムの特徴

| | 従来システム | 本換気システム |
|---|--------|---------|
| 換気風量切替え ・室別制御 | × | ○ |
| 夏期対応 ・室温上昇による放散量増加対応 ・夜間外気導入による冷房負荷減少 | × | ○ |
| 経年対応 ・経年による放散量減少 | × | ○ |
| 補改修対応 ・リフォーム・リニューアル時の放散量増加対応 | × | ○ |
| 窓開け換気対応 ・自然通風適温時を知らせる窓開け換気お勧めランプを設置 | × | ○ |
| 品確法(住宅の性能表示)に対応 ・0.5回/hの換気回数確保 ^{※1} | △ | ○ |

※1 性能表示: 空気環境に関すること
常時機械換気(有効相当隙間面積 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下の場合)



$$M = E_1 A_1 + E_2 A_2 + E_3 A_3 + \dots = \sum E_i A_i \dots (1)$$

M : 化学物質発生量 ($\mu\text{g}/\text{h}$)
 E_i : 建材iの化学物質放散量 ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
 A_i : 建材iの放散面積 (m^2)

$$Q = n \times V \dots (2)$$

Q : 換気量 (m^3/h)
 n : 換気回数 (回/h)
 V : 室容積 (m^3)

$$Cr = Co + \frac{M}{Q} (1 - e^{-nt}) \dots (3)$$

Cr : 室内濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Co : 外気濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 t : 時間 (h)

$t \rightarrow \infty$ では、 $e^{-nt} \rightarrow 0$ なので、
式(3)は

$$Cr = Co + \frac{M}{Q} \dots (4)$$

図-4 室内化学物質濃度の基本予測式

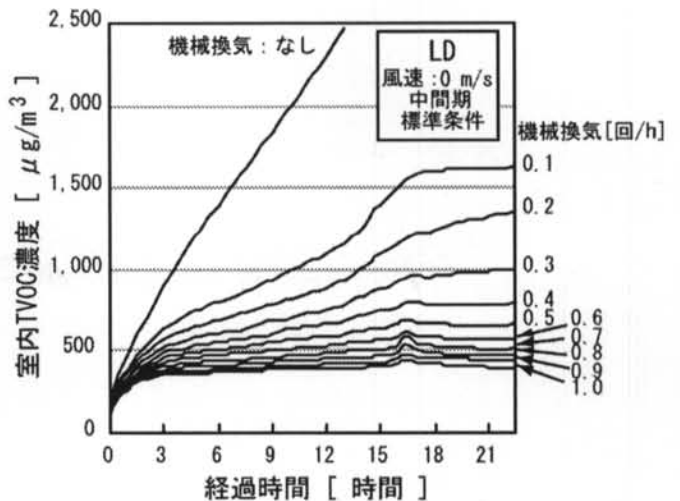


図-5 換気回数によるTVOC濃度

うに気密性の高い建物において、水廻りなどの中間ファンを使用し室内を負圧にすることで、各室の換気口から外気を導入する。我々は、室内のホルムアルデヒドやVOCを効果的に低減するためのツールとして、室内の換気条件や化学物質濃度を多数室で予測できるシステム（シミズ室内化学物質予測システム、Visual NETS）を、「熱換気回路網計算プログラム（NETS）」¹¹⁾をソルバーに使用することで構築した¹²⁻¹⁵⁾。室内化学物質濃度は、基本的には、仕上材・下地材などの建築材料や什器・備品などから、化学物質が放散し、室内に蓄積したこれらの化学物質が室内外（多数室・外気）の空気の出入りによって、どの程度希釈されたかによって決定される（図-4）²⁾。このVisual NETSを用い、本システムの性能を確認した（図-5）。

また、本システムは第3種換気であり、上述したように、住宅内を負圧にすることで室内の換気を行う。したがって、開口部のアルミサッシや金属建具

の気密性のより、性能は影響を受ける。最近のアルミサッシの性能はよく、経年変化を受けにくい。しかし、金属建具については、経年的に気密性能が低下することが懸念された。したがって、Visual NETS

表-3 玄関（金属建具）の気密性による給気換気量の解析結果

| 換気口 | 玄関ドアすきま面積 [m ²] | | | | |
|-----|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0.00106 | 0.00214 | 0.00535 | 0.01070 | 0.02140 |
| LD | 44.7 | 42.6 | 37.4 | 31.1 | 23.2 |
| 洋室1 | 22.5 | 21.5 | 18.9 | 15.9 | 12.1 |
| 洋室2 | 22.6 | 21.6 | 19.0 | 15.9 | 12.2 |
| 玄関 | 4.8 | 9.2 | 19.7 | 33.5 | 49.9 |
| 計 | 99.8 | 99.8 | 99.3 | 100.0 | 100.1 |

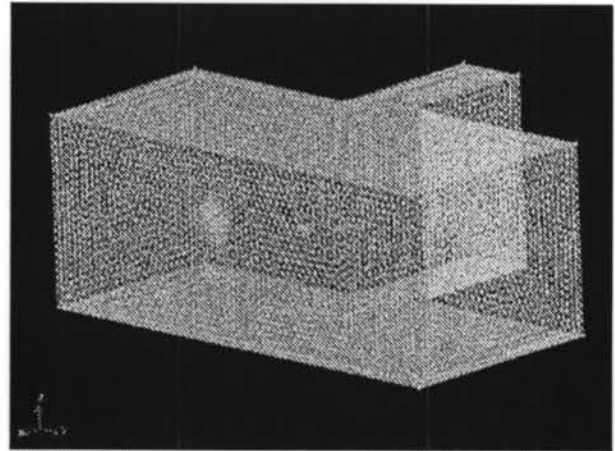
排気風量：100.3[m³/h]

■シミュレーション条件

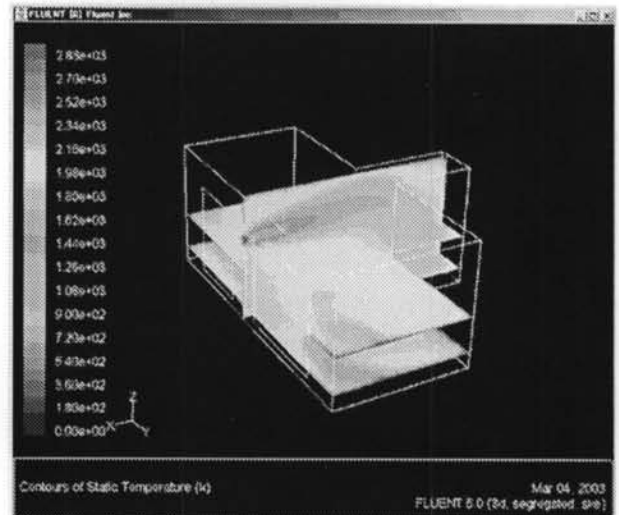
風速=0m/s
 玄関ドア面積：1.52m²
 室内扉：全閉時
 窓：全閉時
 $\alpha=0.000133$
 換気口：50%開口
 LD換気口径：150φ
 その他換気口径：100φ

表-4 Fluentの解析条件

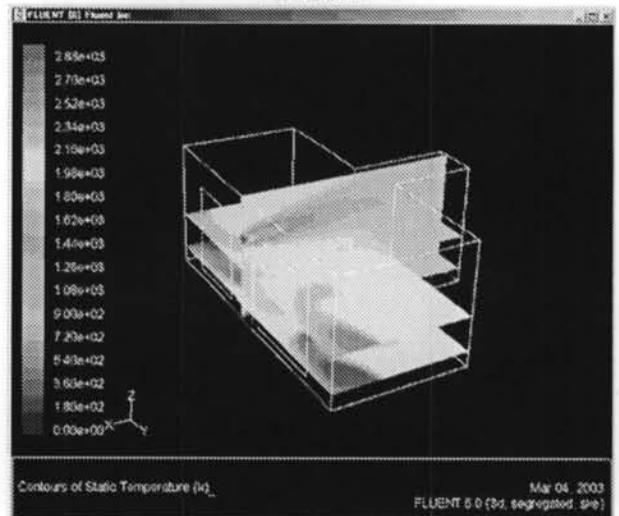
| | |
|-------------|---|
| 乱流モデル | 標準 k-ε model |
| メッシュ分割 (3D) | 326327 |
| 差分スキーム | 移流項：QUICK |
| 流入境界 | $U_{in}=0.288\text{m/s} (=0.008\text{kg/s})$ $k_{in}=3/2(U_{in} \times 0.3)^2$, $\epsilon_{in}=C_{\mu} \cdot k_{in}^{(3/2)} / l_{in}$ $l_{in}=R_{inlet}$ (inlet直径) |
| 流出境界 | U_{out} =(質量保存による) k_{out} , ϵ_{out} =free slip |
| 壁面境界 | No-slip |
| | 流れ場解析後、全面もしくは床面のみに室内平均化学物質濃度が2000[μg/m ³]となるように表面における放散速度を与え、拡散場解析を行う。流入外気の化学物質濃度は0[μg/m ³] |



メッシュ分割



全面発生



床面発生

図-6 Fluentの解析結果

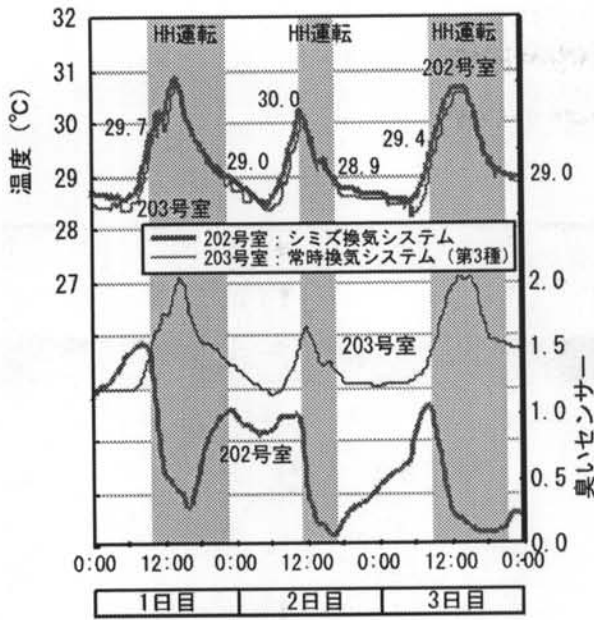


図-7 常時換気システムの性能比較

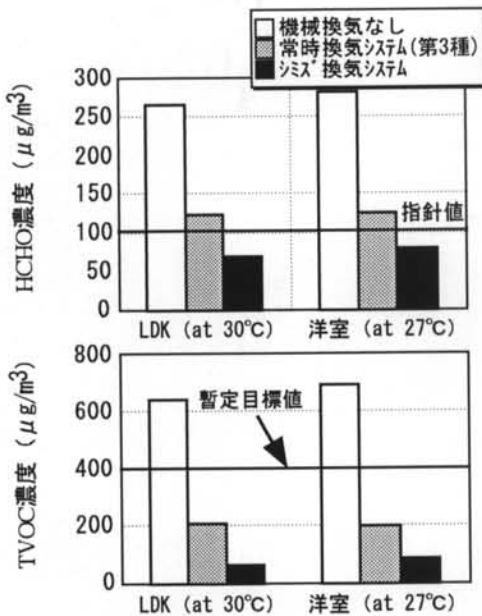


図-8 室内化学物質濃度 (夏季)

より、種々の条件によりシミュレーションを試みた。表-3に示すように、通常の経年変化であれば、本換気システムは十分に機能することを確認した。なお、以下に記すように、中古集合住宅における実証試験でも十分に機能することを検証した。

また、Fluent (フルーエント・アジアパシフィック) を用いた CFD (Computational Fluid Dynamics) を用い、室内の濃度分布についても解析し (表-4)、常

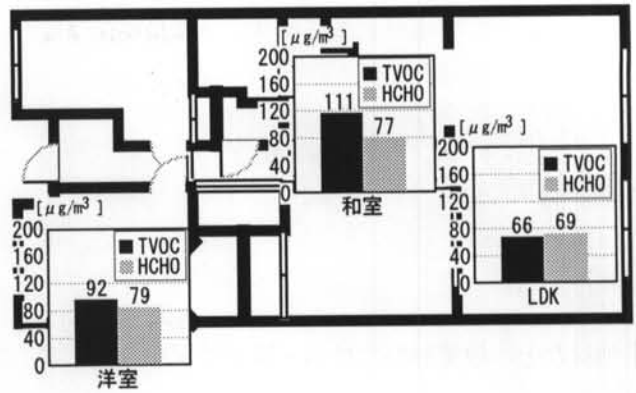


図-9 シミズ換気システムによる室内濃度

時換気の定常状態では、有効に室内の化学物質低減に寄与していることを確認した (図-6)。

5.2 化学物質濃度低減効果の実証試験

シミズ換気システムの性能評価のため、室温が上昇し、室内化学物質濃度の増加が考えられる夏季において (平成13年8月から3カ月間)、同じ平面配置・仕様の集合住宅2住戸を使用し、実証実験を行った。片方の住戸にはシミズ換気システムを、もう一方の住戸には従来型の常時換気システム (第3種) を設置した。

この結果、室温29°C以上において、モータダンパ付換気レジスタが全開となるよう設定した状態で、従来型の常時換気システムと比較した。測定は、厚生労働省の精密法に準拠し⁴⁾、継続測定は臭いセンサーを使用し、室内化学物質濃度の低減効果を確認した (図-7)。また、ホルムアルデヒドについては機械換気なしと比較し約70%、従来型常時換気システムとの比較では約40%の濃度低減効果を確認した。TVOCでは機械換気なしと比較し約90%、従来型常時換気システムとの比較では約50~70%の濃度低減効果を確認した (図-8)。また、換気が不十分となる懸念があった中和室においても、効率良く室内化学物質濃度は低減されていた (図-9)。

5.3 換気風量の検証

第3種換気方式においては、住戸内の室内ドアが換気経路となる。そのため、室内ドアにおいて生じる差圧を確認しておく必要がある。今回、室内ドア差圧測定用チャンバーを製作し、標準的な片開きドアと引き違い戸について、アンダーカットを40mmまで段階的に調整し、床材もフローリングおよびカーペットを使用し、建具の気密性試験方法 (JIS

A1516-1998) に準じて測定を実施した(写真-2)。その結果、常時小風量換気システムに必要とされ



写真-2 室内建具の差圧試験

る風量の範囲では、室内ドアの差圧に問題のないことを確認した(図-10)。

また、上記の化学物質濃度低減の実証試験で、各室の換気風量を測定した。各室のモータダンパ開閉

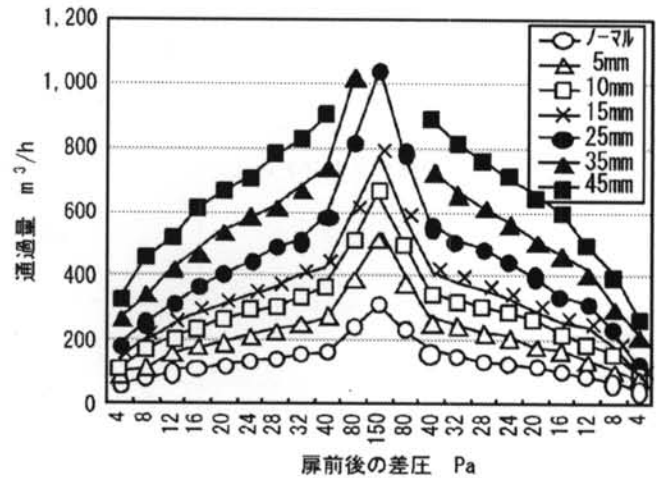
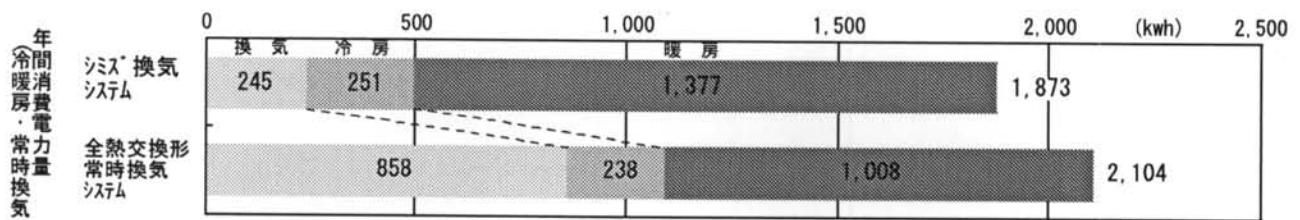


図-10 片開き木製建具の差圧試験の結果

表-5 シミズ換気システムのモード別の各給排気風量の測定

| ファン ノッチ | 給気風量 CMH | | | | 中間ファンの 排気風量 CMH | MD全開 (○) 状態 | | |
|------------|----------|------|------|-------|-----------------------|-------------|-----|-----|
| | LD | 洋室1 | 洋室2 | 小計 | | LD | 洋室1 | 洋室2 |
| LL | 27.7 | 22.9 | 19.8 | 70.4 | 100.3 | — | — | — |
| M | 63.0 | 31.1 | 24.3 | 118.4 | 158.6 | ○ | — | — |
| M | 39.6 | 62.2 | 24.6 | 126.4 | 156.8 | — | ○ | — |
| M | 32.2 | 25.2 | 56.6 | 114.0 | 160.9 | — | — | ○ |
| M | 34.8 | 51.7 | 47.2 | 133.7 | 159.8 | — | ○ | ○ |
| H | 61.3 | 56.5 | 22.2 | 140.0 | 166.8 | ○ | ○ | — |
| H | 59.3 | 22.6 | 50.9 | 132.8 | 172.7 | ○ | — | ○ |
| HH | 55.7 | 60.2 | 54.5 | 170.4 | 179.6 | ○ | ○ | ○ |



■ 想定住戸 : 床面積 90m² 中間階、中住戸、南側バルコニー、北側外廊下
 ■ 冷暖房方式 : ヒートポンプエアコン、LDに温水式床暖房設置

温度センサーによる
 冷暖房時間 冷房 6~9月 暖房 11~4月
 設定温度 冷房 27°C 暖房 20°C
 運転時間 LD 8時間/日
 洋室1 3時間/日
 洋室2 4時間/日
 熱負荷計算方法 年間熱負荷計算プログラム
 気象データ 標準気象データ 東京

| | シミズ換気システム | 全熱交換型常時換気システム |
|------|---|--|
| 換気方式 | 水回り 中間ダクトファンにて、全般換気を行う。 | 居室 全熱交換型換気扇 |
| 換気仕様 | 中間ダクトファン: 弱運転 27W (0.5回換気確保) 温度センサーによる強運転: 54W | 天井隠蔽型: 71W (0.5回換気確保) 中間ダクトファン: 弱運転 27W |

図-11 常時換気システムの年間消費電力量の比較

状況による、各室の換気風量の制御性を確認した。運転パターン別の換気風量を表-5に示す。

5.4 全熱交換形換気システムとの消費電力量の比較

シミズ換気システムと、全熱交換形換気システム

による常時換気システムとの消費電力量の比較を、年間熱負荷計算により予測した(図-11)。予測は、東京・大阪の比較的温暖な地域(IV地区)を想定して行ったため、シミズ換気システムは全熱交換形換気システムと比較し、約10%の消費電力量を低減する結果となった。

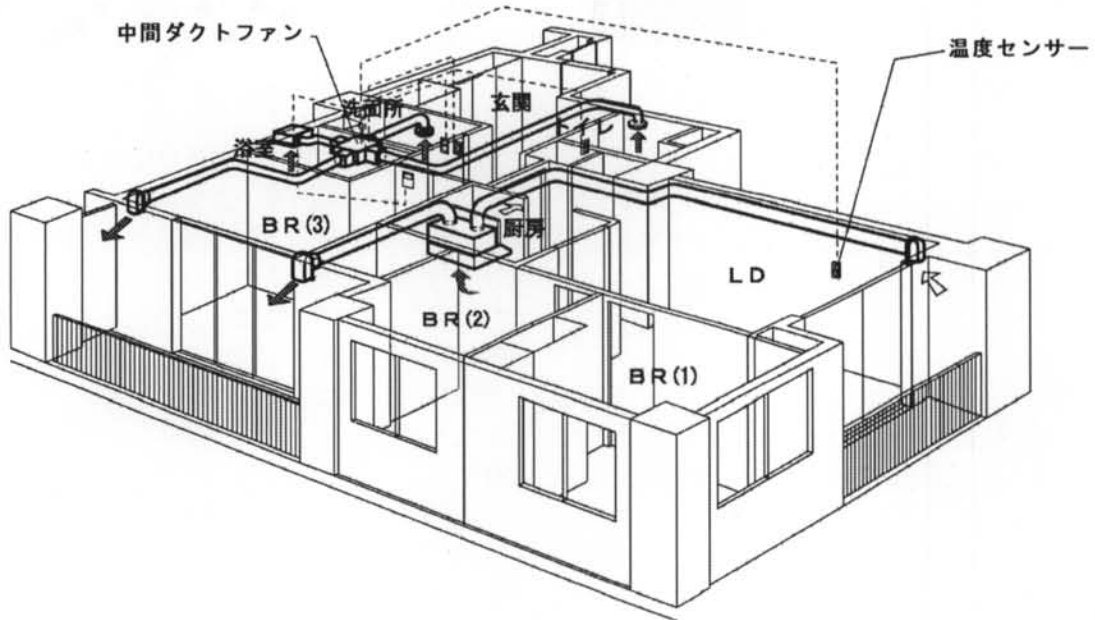
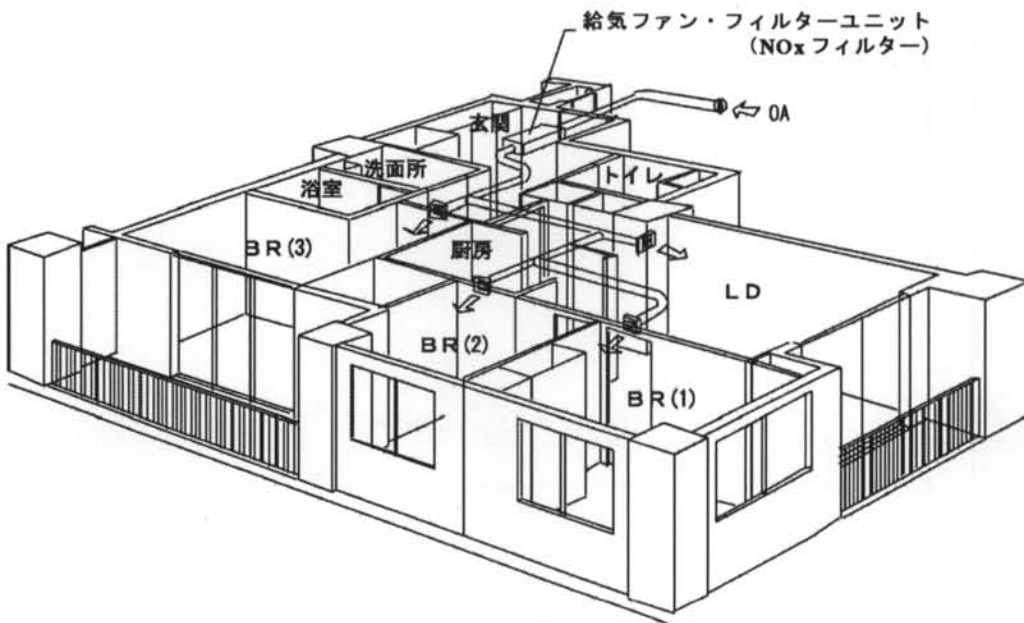


図-12 シミズ換気システム(普及版)



排気は図-3のシステムを用いる。

図-13 シミズ換気システムの給気ファン・フィルタユニット

§ 6. システムのバリエーション

前述した換気システムは、システムの一例であり、様々なシステムが構築可能である。モータダンパの付属しない換気レジスタと、居間のみ室温センサーを設置し、その温度を代表として小風量換気ユニットを制御するシステムにより、化学物質濃度低減効果は保ちつつ、イニシャルコストをおさえたシステムも開発した(図-12)。また、屋外の空気質が良好でない場合には、外気清浄フィルター付属の給気ファンを設置し、小風量換気ユニットと連動することにより、第1種換気方式にて24時間換気を行うシステムも開発済である(図-13)。

フィルター付換気レジスタや天井内にモータダンパを設置し給気する方式など、立地条件や建築計画にあわせて、様々なバリエーションが可能である。

§ 7. 考察

今回は室内化学物質の低減という視点で、新しく開発した換気システムの性能について検討した。産業分野ばかりでなく、住宅においても冷暖房の普及に伴い、高気密・高断熱化による省エネルギーが推進されている。

従来の定風量型常時小風量換気システムと比較し、本稿の可変型常時小風量換気システムは、日本の四季、建物の使い方・住まい方、建物の築年数などに応じた適合性と、一歩進んだ室内空気環境を創造することが可能となった。

今後は、ユーザーの健康性・快適性の向上やさらなる省エネルギー性にも配慮したシステムを、総合的な視点で対応していくことが重要があると考えられる。

§ 8. まとめ

(1)各室に、室温センサと連動したモータダンパ付き換気レジスタと、室温に応じて換気風量に変化する中間換気ファンを搭載した第3種の24時間小風量換気システムを開発した。

(2)ダクトレスでありながら、各室の換気風量が個々

に制御可能である。

(3)従来の常時換気システム(第3種)と比較し、40~50%以上の室内化学物質の低減を可能にし、比較的室内濃度が高い新築時、リフォーム・リニューアル時および夏季などに有効に機能する。

(4)全熱交換形常時換気システムと比較し、都市部が集中するIV地区では、消費電力量が約10%低減できる。

(5)実証試験やシミュレーションにより、第3種換気の欠点と考えられていた換気経路、中和室の換気効率、開口部の気密性変化による居室の換気効率の低下などの課題を解消した。

(6)改正建築基準法や品確法(住宅の性能表示)に対応した住居の換気回数を確保した(0.5回/h)。

(6)常時換気により、アレルギーの原因であるダニ・カビの生息を抑制できる。

(7)ダクトレスの第3種換気システムであるので、新築時ばかりでなく、リフォーム・リニューアル時にも設置可能である。

謝辞

本研究に御助力頂いた清水建設(株)建築事業本部生産技術統括の福村貴司氏、技術研究所の鈴木道哉氏、他多数の方に深謝致します。

注1) Volatile Organic Compoundsの正式な略はVOCsであるが、本文ではVOCとした。

注2) 国土交通省などでは、室内化学物質濃度を、Hoetjerや藤井らの式を基に算出している^{16,17)}。室内濃度C'は、換気量に対する建築材料の使用面積の比率(n/L値)と物質移動係数(k)によって変動し、得られる室内濃度C'とn/L値の関係は、次式で示される。

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_e} + \frac{1}{kC_e}$$

ここに、C'：室内化学物質濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、C_e：換気量が0である場合の平衡濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、L：試料負荷率(室容積あたりの建築材料の使用面積)(m^2/m^3)、n：換気回数(1/h)、k：物質移動係数(m/h)

〈参考文献〉

- 1) 田辺新一：室内化学汚染，講談社(1998)
- 2) 日本建築学会：シックハウス事典，技報堂出版(2001)
- 3) 国土交通省ホームページ：<http://www.mlit.go.jp/>

- 4) 厚生労働省ホームページ：<http://www.mhlw.go.jp/>
- 5) 経済産業省ホームページ：<http://www.meti.go.jp/>
- 6) 文部科学省ホームページ：<http://www.mext.go.jp/>
- 7) 山口 一：シックハウスにおける臭いセンサーの応用，粉体と工業，第35巻，第7号，pp.50-60 (2003)
- 8) 健康住宅研究会：室内空気汚染の低減に関する調査研究報告書 (1998)
- 9) 清水建設(株)技術資料：シミズ健康配慮建築システム (2002)
- 10) 山口 一，芝沼 安，成富隆昭，福村貴司，佐久間敏和，平内康司：共同住宅を主とした新しい換気システムの検討，室内のホルムアルデヒド及びTVOCの濃度低減，日本建築学会学術講演梗概集，pp.1011-1012 (2002)
- 11) 奥山博康：建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究，博士号学位論文 (1987)
- 12) 山口 一，成富隆昭，矢川明弘，富岡一之，新 武康，奥山博康：室内空気質シミュレーションシステムの開発，空気調和衛生工学会学術講演会論文集，pp25-28 (2000)
- 13) 山口 一，成富隆昭，富岡一之，岡田 博，矢川明弘，新 武康，奥山博康：新築集合住宅の室内空気質の実態調査とシミュレーションシステムの開発，清水建設研究報告，第72号，pp83-94 (2000)
- 14) 山口 一：室内化学物質濃度予測システム「Visual NETS」の概要，建材フォーラム，第309号，5月号，pp.18-21 (2002)
- 15) J.J.Hoetjer; Introduction to a theoretical model for the splitting of formaldehyde from composition board. Rept. Methanol Chemi Nederland (1978)
- 16) 藤井正一，鈴木庸夫，小八ヶ代貞雄：パーティクルボードJIS改正にともなうホルムアルデヒド放出量に関する研究，建材試験情報，第9巻，第3号，pp.10-13 (1973)

