

図 3.29 健常者と 2 型(SHS/SBS、MCS) サッケード率の比較 垂直方向 右目

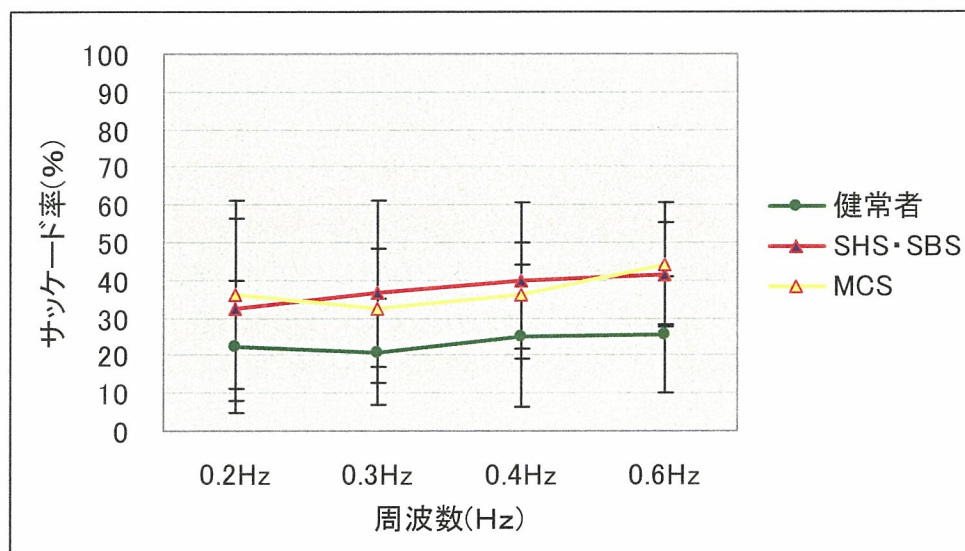


図 3.30 健常者と 2 型(SHS/SBS、MCS) サッケード率の比較 垂直方向 左右平均

健常者群と 2 型 (SHS/SBS 群)、健常者群と 2 型 (MCS 群) の間にそれぞれ有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。垂直方向では健常者群、2 型 (MCS 群) の 0.2Hz のサッケード率がやや大きいものの、周波数の増加に伴ってサッケード率が大きくなる傾向が見られる。

#### D. 考察

今回の研究により、全患者群で、健常者と同様、0.2Hz を除くと周波数の増加に伴いサッケード率の値が大きくなる傾向があったが、どの周波数の値も 25% 以上であった。

4 型 (アレルギー) と 1 型が比較的大きいサッケード率を示し、特に垂直方向で他の病

型群よりも大きな値を示した。3型、4型（その他）は水平方向の0.2Hzのサッケード率の値が高く、垂直方向は周波数の増加に伴って値が増加しており、健常者群とやや似た増減傾向が見られた。

4型、1型に関しては受診患者・データ数が少なく、大きなサッケード率の値を示すデータの影響により、他の病型群と比べ大きな値を示した可能性があるため、今後データ数を増やしてより比較検討する必要があると考えられる。

全患者群のサッケード率の値は、水平・垂直方向、各周波数において健常者群よりも大きな値を示し、有意差が見られた(二元配置の分散分析)。また、健常者群、患者群の周波数に伴うサッケード率の値の増減には同じような傾向が見られた。また分布図からも健常者群の多くが25%の領域に含まれ、患者群は多くが25%よりも広く分布していることが確認できた。

また患者群の中でも、今回特に評価を実施したい2型(SHS/SBS、MCS患者群)と健常者群を比較した結果において、SHS/SBS、MCS患者群では水平・垂直方向、各周波数ともに健常者よりも大きなサッケード率を示し、各疾患群と健常者群で有意差が見られた(二元配置の分散分析)。また周波数の変化に伴うサッケード率の値の増減には同じような傾向が見られた。これらの結果により、眼球運動の評価は、臨床病型分類上においても極めて有用であることが確認された。

## E. 結論

健常者群と患者群で得られた眼球運動データを解析した結果、統計学的に有意差が認められた。また少ないデータ数ながらも病型別の特徴的な傾向を示唆するような結果も得られた。よって、眼球運動検査は、本症診断の標準化に向けた価値の高い検査であると言える。

しかし今後は健常者群の幅広い年齢層での計測を行い、より詳しい比較検討を実施し、精度の高い基準値の設定、さらに症例数を重ね、患者群(病型群毎)のデータ収集と異常の程度判定に使用できるかの検討を行う必要があると考えられる。また、ハード面として被験者の負担を減らすようなゴーグルの改良・開発、解析時におけるノイズキャンセル機能の追加等を組み込むことで、侵襲性少なく、測定者の技術に関係なく安定したデータを得ることが出来よう。信頼おけるデータを提供するためには継続的な研究が必要であると考えられる。

## F. 研究発表

- 1) Ishikawa S, Miyata M, Sakabe K: Hazardous health effects due to elevated levels of indoor chemicals-Present status of chemical sensitivity : Sick house syndrome.  
Indoor Air, 2007. *in press*
- 2) Kobayashi K, Kuroda J, Shibata N, Hasegawa T, Seko Y, Satoh M, Toyama C, Takano H, Imura N, Sakabe K, Fujishiro H, Himeno S: Induction of metallothionein by manganese is completely

dependent on interleukin-6 production.

J Pharmacol Exp Ther. 320:721-727, 2006.

- 3) Sakaue M, Adachi T, Okazaki M, Nakamura H, Mori N, Hara S, Sakabe K: Effects of sodium selenite on methylmercury-induced cell death and on mercury accumulation in rat cerebellar neurons in primary culture.

Bull Environ Contam Toxicol. 77(5):779-784, 2006.

- 4) 坂部 貢 : 環境化学因子の自律神経機能に及ぼす影響とその考え方、末梢神経、17(2):130-132, 2006.

- 5) 坂部 貢 : シックハウス症候群と化学物質過敏症は一連の病態である、

Visual Dermatology, 5(12):1236-1238, 2006.

- 6) 坂部 貢 : 化学物質過敏症、からだの科学, 252:70-73, 2006.

シックハウス症候群の診断・治療法及び具体的対応方策に関する研究

ケミレスタウンを用いたシックハウス症候群の対応（治療）：

システムの構築と予防医学的対応を行う人材育成プログラムの作成

分担研究者 森 千里 千葉大学大学院医学研究院 環境生命医学 教授

#### 研究要旨

我々の研究は、環境改善型予防医学の実践的対応として、ケミレスタウン（化学物質削減住環境）を用いてシックハウス症候群の対応・治療するシステムの構築を目指し、さらに、このシステムを効率的に稼働させるための環境予防医学の知識と技術を持った人材の育成を試みることを目的としている。

本年度は 3 年間の研究期間の初年度のため、(1)ケミレスタウンプロジェクトにおける実証実験施設の整備と平行して、実証実験施設の評価判定に用いる化学物質の測定方法の検討を進めた。(2)室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液の IgE への影響検討を行った。(3)ケミレスタウンプロジェクトの認知向上活動として、市民講座や国内外での学会においてパンフレットやビデオ等を用いた普及活動を試行し、社会的認知度の上昇を導いた。(4)予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討を進めた。

#### A. 研究目的

近年、住宅の断熱性の向上でエネルギー効率は良くなったが、その一方で気密性が高くなったため、建材や家具等から放散させる揮発性有機化学物質による室内空気の汚染が進みやすく、シックハウス症候群が増加している。シックハウス症候群の原因となる物質は数多く患者によって異なるうえ、症状もさまざまである。諸症状に医学的対応をしても原因物質がある限り完治することは困難で、予防医学的対応が最も有効であると考えられる。この問題を解決すべく、我々は千葉大学柏の葉診療所に環境健康診療科を設置するとともに、シックハウス症候群の原因となる化学物質の放散を極力抑えた化学物質低減住宅群を用いた産学連携研究・ケミレスタウンプロジェクトを進めている。

我々は本研究において、環境改善型予防医学の実践的対応として、ケミレスタウン（化学物質削減住環境）を用いたシックハウス症候群の対応（治療）システムの構築と予防医学的対応を行う人材育成を試みる。そして本研究の 3 年間を通して、予防医学的対応により、日本におけるシックハウス症候群の発症予防および患者の症状の軽減が行えることを実証することを目的としている。

本年度は、初年度のため、ケミレスタウンプロジェクトにおける実証実験施設の整備と平行して、実証実験施設の化学物質の検討、ケミレスタウンプロジェクトの社会認知の普及活動、予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討を行った。

#### B. 研究方法

1、ケミレスタウンプロジェクトにおける実証実験施設

の整備と室内の化学物質濃度測定法の検討：室内化学物質濃度の指針値の 1/10 を目標に施設整備を遂行。

2、室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液への影響調査：実証実験施設入居者への予備調査として、比較的高濃度曝露が予想される肉眼解剖実習学生への検討を行った。

3、ケミレスタウンプロジェクトの社会認知の普及活動：パンフレットやビデオを使った市民講座を開講し、シックハウス症候群の対策への認知レベルの向上を促し、アンケート調査により効果について検討した。

4、予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討：トライアルとしての環境健康トランスレーター育成事業において、シックハウス症候群に関する講義を施行。

（倫理面への配慮）

千葉大学医学研究院倫理審査において課題名「ホルムアルデヒド曝露によるヒト鼻汁・唾液への影響に関する研究」（受付番号 522）として受理されており、インフォームドコンセントの上、被験者からの承諾も得ている。

#### C. 研究結果

1、4 棟の実証実験施設の建築・整備が行われ、室内の化学物質濃度測定も施行された。このプロジェクトの目標室内化学物質濃度値を目指しての施行が進んでいる。

2、室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液の IgE への影響検討を行い、論文にまとめた。（詳細な内容は、論文発表 1 及び 2 参照）

- 3、ケミレスタウンプロジェクトの認知向上活動として、第1回(2006年12月12日)、第2回(2007年2月18日)のワークショップ、さらに国内外での学会(2006年7月、11月、2007年3月等)での発表において、パンフレットやビデオ等の現状認知の向上技術を用いた試みを行い、効果的な環境改善型予防医学の普及活動を試行し、のべ200名以上の人たちに認知させることが出来た。
- 4、環境健康トランスレーターを例とした人材育成の検討結果を論文にまとめた。(詳細な内容は、論文発表3参照)。

#### D. 考察

本年度は、初年度であったため実証実験施設の整備や基本的実験系の確立に多くの時間を費やして十分な実証実験としての研究成果は出なかったが、予防医学的なアプローチとして最も大事な市民の認知レベルを向上させる試みは、大きな成果が得られた。行ったアンケート調査では、統計的な意義のあるデータではないが、効果的な普及活動には繋がっているようである。

次年度からは、実証実験施設で定期的室内化学物質測定や滞在者に対するアンケート調査の実施(Quick Environmental Exposure Sensitivity Inventory(QEESI)やFace Scale調査票を用いて滞在前後での自覚症状の評価も含む。)、さらに滞在者に対する健康影響評価(医師により健康診断、自覚症状の記録、眼球運動測定、重心動揺検査、ストレスの状態等を判定する唾液検査等)を行い、シックハウス症候群の対応(治療)システムの構築を行う。また、ケミレスタウンを用いての人材育成プログラムの作成にも取りかかる。

#### E. 結論

ケミレスタウン(化学物質削減住環境)を用いたシックハウス症候群の対応(治療)システムの構築と予防医学的対応を行う人材育成のための研究の初年度として、実証実験施設の整備及び化学物質測定方法の確立が行われ、シックハウス症候群の対応の一つの方法として「ケミレスタウンプロジェクト」の社会的認知度の上昇を導いた。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

- (1) Ohmichi K, Komiyama M, Matsuno Y, Sawabe

Y, Miyaso H, Fukata H, Ohmichi M, Kadota T, Nomura F and Mori C: Relationship between exposure to formaldehyde and immunoglobulin E (IgE) production during the gross anatomy laboratory. *Journal of Health Science* 52: 642-647, 2006.

- (2) Ohmichi K, Komiyama M, Matsuno Y, Takahashi Y, Miyamoto H, Kadota T, Maekawa M, Toyama Y, Tatsugi Y, Kohno T, Ohmichi M and Mori C: Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory - personal exposure level is higher than indoor concentration. *Environmental science and pollution research international* 13: 120-124, 2006.

- (3) 持田陽司、深田秀樹、山浦真弓、小川二美代、安井悦子、松野義晴、戸高恵美子、森千里:環境健康学トランスレーターによる環境改善型予防医学の推進、臨床環境医学雑誌 2007 (in press)

#### 2. 学会発表

- (1) 森千里、戸高恵美子、中岡宏子、渡辺久美子:健康に影響する環境負荷低減による持続可能な社会の実現:未来世代のための街づくり「ケミレスタウン(化学物質削減を目指した街)・プロジェクト」(招待講演)、IR3S 国際シンポジウム「調和社会と持続可能な発展」(北京:中国) 国際シンポジウム「調和社会と持続可能な発展」(Nov.17-18, 2006, 北京)抄録集

- (2) 森千里、戸高恵美子、深田秀樹、松野義晴、中岡宏子:環境ユニバーサルデザインの提唱「ケミレスタウン・プロジェクト」の取り組み、第15回日本臨床環境医学総会(東北大学 医学部良綾会館:仙台市) 第15回日本臨床環境医学会総会(Jul.7-8, 2006)抄録集, 44

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

その他

- ・ケミレス、ケミレスタウン、ケミレスハウスを商標登録(No. 5004560)、2006。

平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）

分担研究報告書

「シックハウス症候群の診断・治療法及び具体的対応方策に関する研究」

分担研究課題 シックハウスにおける継続観察と症状改善手法に関する実証的研究

分担研究者 吉野 博（東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻）

研究協力者 吉田真理子（東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻）

中村安季（東北大学工学部建築学科）

池田耕一（国立保健医療科学院建築衛生部）

野崎淳夫（東北文化学園大学大学院健康社会システム研究科）

角田和彦（かくたこども&アレルギークリニック）

北條祥子（尚絅学院大学生生活創造学科）

吉野秀明（東スリーエス株式会社研究開発分析室）

天野健太郎（竹中工務店技術研究所）

石川 哲（北里研究所臨床環境医学センター）

### 研究要旨

過去 6 年間の調査に引き続き、宮城県内の SHS が疑われる症例を対象として、居住環境ならびに健康状態に関する追跡調査を実施し、発症要因に関する解析を行った。一部の住宅では追跡調査を実施し、室内環境および医学的治療による効果について継続的な観察を行った。対象住宅の室内空気は、一般住宅よりも高濃度のホルムアルデヒドや p-ジクロロベンゼンなどによって汚染されており、換気量不足が室内空気汚染の原因の 1 つであることが判明した。カルボニル類は、例年の傾向とは異なり、指針値の超過率は 50%以下であった。VOC の超過率は依然として 81%と高いが、指針値が策定された物質については、指針値を超過する物質はなかった。追跡調査事例では、積極的に換気を励行し、症状が軽減した住宅が多かった。しかし、建材からの化学物質の発生は減少しているが、持ち込み品によるものと思われる化学物質の濃度が増加する傾向が見られた。

2000 年～2005 年度の調査に基づき、継続調査を行った 47 名のシックハウス症候群患者を症状が「軽減・軽度」群と、「悪化・持続」群の 2 群に分けて、それぞれの群で曝露しているホルムアルデヒド、トルエン、TVOC 濃度の初回調査時の濃度と初回調査から最終回調査にかけての濃度の増減量を比較した。

ホルムアルデヒドは、初回調査時の濃度、濃度の増減量ともに「悪化・持続」群のほうが大きく、初回調査時に高濃度のホルムアルデヒドに曝露することで、その後濃度が減少しても、症状の改善には至らない可能性がある。トルエン、TVOC については、「軽減・軽度」群のほうが濃度の減少しており、室内空気質の改善が症状の改善に効果があることが示唆された。

低年齢群における、化学物質濃度と症状の関係、自覚症状と住環境の関係について統計的に解析した。皮膚症状に関しては、キシレン・TVOC による影響が考えられ、乳幼児が、キシレンの発生源として考えられるワックスが塗装された床付近で生活していることが影響していると考えられる。



## A. 研究目的

いわゆる「シックハウス」問題はここ10年の間に表面化し、被害の深刻さと社会的関心の高さから、今日までに産官学の各分野で様々な調査研究が進められ、対応も急速に進められてきている<sup>1)</sup>。しかし、室内環境に関する調査と居住者の健康状態に関する調査を突き合わせた研究は極めて少なく、シックハウスと称される住宅における汚染の実態や居住者の健康状態に関する資料は決して多くないのが現状である。

そこで本研究では、仙台・塩釜地区を中心に工学、医学、疫学、心理学の専門家による研究班を作り、当該地区において、医師の診察等により化学物質の影響で健康被害が生じたと疑われた患者とその住宅を対象として、室内空気中の化学物質濃度や換気性状の測定調査、住環境および居住者の健康状態に関するアンケート調査、ならびにシックハウス症候群（以下、SHS）・化学物質過敏症（以下、MCS）を専門としている医師による臨床検査を実施した。本稿では、2006年度の調査事例7軒の集計結果と6年間の調査データの統計解析結果について報告する。

## B. 研究方法

### 1. 調査対象住宅

宮城県内のシックハウスが疑われる住宅7軒（追跡調査：5軒、新規調査：2軒）を対象として実施した。調査対象住宅概要を表1に示す。いずれの住宅にも、医師の診察等より化学物質の影響で健康被害が生じたと疑われる者、過去のアンケート（1999年に実施した女子大生とその親を対象としたアンケート調査、及び講演会等の聴講者に協力してもらったアンケート調査）により化学物質過敏症の疑いがあるとされた者が居住している。調査期間は、1年を通して最も化学物質濃度が高くなると考えられる夏期を中心に8月から9月とした。

この調査は2000年度から行っており、調査軒数は2006年を含めて62軒（延べ104軒）となった（表2）。そのうち23軒では追跡調査を行っており、その内訳は2ヶ年：13軒、3ヶ年：5軒、4ヶ年：3軒、6ヶ年：2軒となっている（表3）。

### 2. 室内環境測定調査

室内環境の測定項目は①気中化学物質濃度、②温湿度、③住宅の換気性状である。

測定対象物質は、カルボニル化合物（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの2種類）、VOC（トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン等、全28種類）である。カルボニル化合物は、DNPH（2,4-dinitrophenylhydrazine）カートリッジ（Waters社製Sep-Pak XPoSure Aldehyde Sampler）<sup>2)3)</sup>を用いて、24時間パッシブサンプリングし、アセトニトリル4mlで溶媒抽出後、HPLC（Hewlett Packard社製HP1100）により定性・定量分析を行った。VOCは、粒状活性炭チューブ（柴田科学製Charcoal Tube Jumbo）<sup>4)</sup>を用いて、0.3L/minの通気量で24時間アクティブサンプリングし、加熱脱着後、GC/MS（島津製作所製QP-5050）により定性・定量分析を行った。測定点は、カルボニル類、VOCに関しては、居住者の滞在時間が長いと考えられる居間と寝室と、具合が悪くなる・おおいがきつい等の部屋の室内3箇所と、外気の汚染空気の流入の可能性を調査するために計4点である。有機リン系化合物・その他の化合物については主に和室（和室がない住宅の場合は居間）、床下換気口から約1m内部に入ったところの2点で測定した。

発生源の特定を目的として、試料空気のサンプリングは居住状態で実施したが、危険側の状況を再現するために、窓等の外部開口部や間仕切りは可能な限り閉鎖することを条件とした。なお、カルボニル化合物は国立保健医療科学院建築衛生部、VOCは東スリーエス株式会社研究開発分析室にそれぞれ分析を依頼した。サンプリングに用いた捕集剤一覧を写真1～2に、測定中の様子を写真3に、測定・分析条件を表4にそれぞれ示す。

調査期間中の室内および室外の温度・湿度は小型温度湿度データロガー（㈱ティアンドディ社製、おんどとりRH）を用い測定した。温湿度測定の様子を写真4に示す。

住宅の気密性能測定に関しては、気密測定器（コーナ一札幌社製KNS-400）を用いて、減圧法<sup>註1)</sup>により測定した。居室の窓の開口部に送風機を設置して排気を行い、その際に生ずる室内外差圧と風量を測定した。測定中、外部開口部はすべて旋錠をし、台所やトイレ等の局所ファン、および機械換気システムは運転を中止した。この結果を用いて、室内外差圧が1mmAq時の単位床面積あたりの隙間相当開口面積 $\alpha A'$ を算出し、気密性能を評価した。気密測定中の様子を写真5に示す。

住宅の換気量測定に関しては、一定濃度法によって各室の外気導入量を測定した。測定にはマルチガスモニターとサンプラードーザー（B&K社製1302、1303）<sup>5)</sup>を使用した。測定の際には、注入したSF<sub>6</sub>トレーサーガスが、可能な限り均等に分布するように攪拌用ファンを用いた。さらに、広い部屋ではSF<sub>6</sub>の注入チューブの分岐を行って、室内のSF<sub>6</sub>濃度を5ppmとなるように発生量を制御した。この他、機械換気システムを設置している住宅では、風量測定器（コーナー札幌社製SwemaFlow65）を用いて、システム給排気口の風量を測定した。気密測定中の室内および室外の様子を写真6～7に示す。

### 3. 住環境および健康状態に関するアンケート調査

調査に用いたアンケートは、「住まい手ものための問診票」、「QEESI問診票<sup>6)</sup>」の2種類である。「住まい手のための問診票」は住環境の実態を明らかにすることを目的としており、建物概要（構造、平面、使用建材等）や住まい方（薬剤使用、換気状況等）に関する情報が含まれている。「QEESI（Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory）問診票」は、居住者の健康状態、ならびに化学物質に対する過敏性等に関する情報を得ることを目的としている。

質問項目は全5項目で、各項目に10個の質問がある。「マスクング」を除く4つの質問項目に関しては、それぞれの質問に対して0～10点（0点：まったく反応なし、5点：中等度の反応、10点：動けなくなるほどの症状）で自己評価し、その合計点数を算出する。「マスクング」では、「はい」もしくは「いいえ」で回答する形となっている。10歳未満の子供については、保護者が変わりに回答した。

アンケート調査と平行して、居住者の方への入居前・入居後の動向や症状に関するヒアリング調査を行った。

### 4. 個人情報に対する配慮

データの個人情報に対する配慮として、調査前に、調査の目的以外にはデータを使用しないことを説明し、回収したアンケートについては、一括保存した。調査後は、化学物質濃度測定結果、換気量測定結果等、全ての調査結果を記載した上で、専門家としての改善方法を記入した報告書を、調査協力者に送付した。

## C. 研究結果

### 1. 2006年度室内環境測定調査結果

#### 1.1 化学物質濃度測定結果（全7軒21室）

2006年度調査対象住宅7軒（21室）のカルボニル化合物の測定結果並びにVOC濃度測定結果を表7に、グラフにして表したものを図1、図2に示す。ホルムアルデヒドの測定結果を厚生労働省指針値と比較してみると、19室中9室で超過している、超過率は47%となっている。アセトアルデヒドについては、20室中1室と、超過率は5%にとどまっている。2000年から2005年までの超過率<sup>7)</sup>についてはホルムアルデヒドは82%、アセトアルデヒドは90%であり、超過率が減少していることがわかる。

2006年度の測定に関しては、化学物質濃度の指針値が定められた建築基準法改正後に竣工した住宅が7軒中3軒あり、このことが測定結果に影響していると考えられる。

VOCについては、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、*p*-ジクロロベンゼンの中で指針値を超過した住宅はなかったが、TVOCの暫定目標値の超過率は81%と高い値であった。指針値が定められている化学物質以外で濃度が高かったのは、 $\alpha$ -ピネン、エタノールである。 $\alpha$ -ピネンは、全21室で検出されていて、エタノールの検出率も90%と高い割合であった。今回の調査対象住宅は、全て木造であり、木材そのものから発生していると考えられる。また、複数回調査した住宅の検出された化学物質の種類について着目してみると、エタノールは前回、前々回の測定時には検出されなかったものが、今年度の調査で検出されている。これらは、掃除用薬剤等の持ち込み品から発生している可能性がある。

#### 1.2 換気量測定結果

換気扇の排気量風量から、住宅の換気回数を求めた。7軒の測定結果を図3にまとめる。建築基準法で定められた設計換気回数を満たしたのは、7軒中3軒であり、機械換気による換気が不足している住宅が多かった。

### 2. 2006年度調査事例（4軒）

2006年度対象住宅の調査結果を報告する。

#### 2.1 No.1邸（表8、図4～8）

①住宅概要：平成11年3月に完成した、木造（枠組み壁



工法) 2階建て戸建住宅に同年3月に入居を開始した。居住者は主人(37才)、夫人(38才)、長男(8才)、長女(6才)の4人である。シックハウスに関しては、メディアを通して言葉を聞いたことがある程度で、詳細に内容を知っていたわけではなかった。住居を新築する際も特に建材に配慮することもなかった。換気設備は24時間第三種機械換気システムを採用している。入居後新たに購入した家具は、和室の和ダンス、居間のソファ、食器棚、ピアノ、2F書斎の本棚である。最近年内に購入した家具は子供の学習机であった。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $0.74\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次世代省エネルギー基準(Ⅲ地域)の基準値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を満たしていた。

②調査時期：2000年7月、2001年7月、2002年8月および2006年8月の計4回。

③発症者：長男(8歳)

④症例経過：主な発症者は長男である。長男は平成11年5月に初めて肺炎を起こして入院した。その翌月と平成12年1月にも肺炎のため入院したが、それ以降、喘息症状は落ち着いている。現在は春、秋、冬に症状が見られる。また、住宅が原因であるかは不明であるが、平成18年8月には目の症状があらわれた。平成13年6月に地区の農薬散布を行った後に、鼻水や咳といった症状が出たため、医師により農薬により体調不良を生じている可能性があることを示唆されたが、平成14年の害虫駆除の時期には、症状を訴えることは無かった。平成14年の測定時には、症状は軽減したと申告している。この他、長女は、平成13年4月下旬に肺炎で入院し、6月には発疹の症状が出た(ウイルス性の疑いあり)が、原因が住宅に関係しているかは不明である。また、父親は花粉症の悪化、しゃっくりを訴えている。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドについては、初回2000年に2階子供部屋と2階書斎、2002年には1階居間、2006年には2階子供部屋において指針値を超過した。子供部屋においては、2回目調査時に指針値以下に減少したが、2006年調査時には、指針値の2倍近い値まで増加している。2006年の調査から1年以内に購入した子供の学習机が発生源として考えられる。

2001年には、前年と比較して大きく濃度が減少しているが、測定時の外気温が30度と高温であったため、測定

中に窓開け・エアコンの運転が行われたためにこのような結果になったと考えられる。

VOCについては、2000年度の測定時に、2階子供部屋で $2378\mu\text{g}/\text{m}^3$ とかなり高い値となったが、時間の経過にしたがって減少し、2006年には、すべての部屋で暫定目標値を下回った。p-ジクロロベンゼンの濃度が $345.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値を超過していた。この物質は、防虫剤、防カビ剤、芳香剤などの生活用品に使用されることが多い。アンケートにより衣類用防虫剤の使用が確認されている。

⑥QEESI：10歳未満である、長男、長女のQEESI問診票の回答は、母親が代わりに回答した。長男は、症状の合計点数が初回調査から最終回調査にかけて13点から22点と上昇している。長男は、カーペットの下地接着剤に含まれた化学物質の曝露を受け、発症した可能性がある。また、近所で農薬散布が行われると反応するようになった。

⑦他覚的臨床検査：臨床検査は実施していない。

⑧総括：対策としては、換気を励行しており、冬期でも意識して換気を行うよう努めている。ホルムアルデヒドを除いて、全体的に濃度も減少しており、ヒアリング調査による母親の印象としては、長男の症状も軽減しているとのことである。

## 2.2 No.5邸(表9、図9～14)

①住宅概要：2005年11月竣工の木造2階建て戸建住宅に竣工後すぐに入居。シックハウスについては報道や書籍、医師の説明で知った。住宅への配慮や業者からの説明は特になかった。換気システムは第3種換気システムを採用しているが、運転はほとんどしていない。室内で生活していると具合が悪くなるため、ほとんど隣にある母親の実家(築3年)で生活しているが、掃除・窓開け換気は頻繁に行っている。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $3.08\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次世代省エネルギー基準(Ⅲ地域)の基準値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を満たしていた。

②調査時期：2006年9月

③発症者：父親(37才)、母親(36才)、次男(4才)

④症例経過：家族全員が入居直後もしくは数ヵ月後に何らかの症状の発症・悪化を訴えている。父親は入居1ヶ月後、咳・喘息・鼻のかゆみを訴え、現在でも症状に変

化はない。母親は入居後、頭痛の悪化、喘息・鼻炎の発症がみられ、現在は快方に向かっている。長男は入居後、喘息・鼻炎・アトピーの悪化がみられ、現在でもその症状に変化は見られない。次男は入居半年後、咳・鼻づまり・タンなどの症状があらわれ、現在は快方に向かっている。家族全員が現在でも住宅内の刺激臭を感じている。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドについては、1階居間、2階寝室、1階玄関の全測定点で指針値を超過している。調査を実施した日は、日中の最高気温が30度であり、また測定中は一度も室内に入出入りしなかったため、このような高濃度になった可能性がある。建物は、下地材、床仕上げ材、内装建具、壁下地材、壁仕上げ材、クロス接着剤において、F☆☆☆☆を用いており、入居の際に新しく購入した家具からの発生が疑われる。1階居間では、ダイニングテーブルと椅子、テレビボードを購入しているが、2階寝室、玄関においては、新しい家具の購入記録もなく、発生源は不明である。

VOCについては、全測定点で暫定目標値をはるかに上回る値であった。VOC濃度の大部分を占めているのが、 $\alpha$ -ピネンであり、1階居間で $1280.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2階寝室で $2030.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1階玄関で $1170.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。これらは、建材そのものから発生していると考えられる。

換気システムは、第3種換気システムを採用しているが、業者から「換気システムを運転しなくても十分に室内の空気は入れ替わる」との説明があり、測定までは運転していなかった。排気口の風量測定の結果は、換気システムを全て運転させた場合の換気回数は、0.69回/hと設計換気回数を上回った。

⑥QEESI：10歳未満である長男と次男については、母親が代わりに回答した。症状の合計点数は、父親が16点、母親が52点、長男が12点、次男が8点である。父親、母親、長男が気管粘膜症状で強い症状を訴えている。

⑦総括：カルボニル類、VOCともに高濃度の結果となった。窓開けは頻繁に行っていたが、夜間は締め切っており、換気システムは調査まで運転していなかった。父親は朝方に症状が現れる事が多いそうである。

### 2.3 No.6邸（表10～11、図15～19）

①住宅概要：木造（木質パネル工法）2階建て戸建住宅に平成13年2月に入居。測定は平成13年7月、平成14年

9月に実施している。居住者は父親（43才）、母親（39才）、長女（12才）、次女（8才）の4名。シックハウスに関しては、住宅メーカーの説明を通してその内容を知り、ホルムアルデヒド放散量の少ない建材を使用するという説明を受けた。しかし、木製の窓枠やデッキ、庭の枕木には防腐・防カビ・防虫用の薬剤が塗られている。平成14年測定時には、枕木のおいが気になるため、枕木を減らす工事を行い、今後は、天然成分の塗料を使用することを考えている。入居後に新しく居間のテーブル、椅子、テレビ台を購入している。

換気設備は24時間第三種機械換気システムを採用。夏はシステムを運転させた状態で窓を全開にし、花粉の飛ぶ時期以外は窓開け換気を励行している。換気システムは常時運転している。埃がたまると音が気になるので、年に1度は掃除をしている。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $3.91\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次世代省エネルギー基準（Ⅲ地域）の基準値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を満たしていた。

②調査時期：2006年9月

③発症者：長女（12才）、次女（8才）

④症例経過：居住者のうち主に症状が出たのは長女と次女の2人である。長女はもともと卵と牛乳に対してアレルギーを持ち、入居1ヶ月に満たない頃から皮膚が乾燥しだした。喉の調子も悪く、気管支炎を患った。現在も継続して喉の不調を訴えている。次女ももともと牛乳に対するアレルギーを持つ。入居3日目には嘔吐し点滴を受けたが、その原因が住居にあるか否かは不明である。長女同様、入居1ヶ月に満たない頃から、新たに背中、および腹部～胸部にかけて発疹するようになったほか、気管支炎も発症した。入居して3ヶ月経過した頃から1ヶ月間、鼻水や発熱が続いた。現在、症状は落ち着いてきているが、においに対して敏感に反応するようになった。2006年9月の調査の1年位前に子供部屋の仕切りを購入したが、刺激臭を感じたため、返品した。母親もおいに対して敏感になっており、父親以外の居住者は全員アレルギー性鼻炎を有している。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドは、2001年、2002年調査結果から減少しているが、1階居間と2階寝室で以前指針値を超過している。

VOCは、アルコール類が、1階居間で $359.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2階寝

室で  $408.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2 階洋室で  $329.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。前回、前々回調査では検出されなかったので、建材からの発生ではなく、掃除薬剤などの持込品からの発生が考えられる。

2001 年の換気量測定結果は、機械換気設備のみでは住宅全体の換気回数は  $0.64$  回/h であり、2002 年は  $0.59$  回/h で設計換気回数を満たしていた。

⑥QEESI：長女、次女は、10 歳未満であるので、母親が代わりに回答した。長女は、20 点から 17 点、次女は 10 点から 12 点とほぼ変化はない。

⑦他覚的臨床検査：母親と次女が 2002 年に参加している。眼球運動検査では、母親には異常はなかったが、次女は軽度異常が見られた。長女は、水平方向、垂直方向ともに階段状運動 (stair case) が見られた。重心動揺検査においては長女が異常と判定されている。長女は心電図では、副交感神経優位、NIRO 検査においても、起立試験で陽性と判定されている。総合的に、化学物質過敏症の疑いありと判定された。

⑧総括：長女と次女ともに、皮膚症状は軽減している。しかし、最近部屋の仕切りを設置する工事を行う際に建材を室内に搬入したところ子供たちの具合が悪くなった。今後とも、化学物質の曝露に注意が必要である。

#### 2.4 No.7 邸 (表 12~13、図 20~24)

①住宅概要：木造 2 階建て戸建住宅に平成 10 年 4 月に入居。居住者は主人 (43 才)、夫人 (44 才)、長女 (17 才)、長男 (15 才)、次男 (7 才) の 5 人である。シックハウスに関して、その内容を詳細に知っているというわけではなく言葉を聞いたことがある程度であったが、家族にもともとアレルギー体質である方が多いため、新築の際には健康に影響を及ぼさない建材を使用するように依頼した。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $3.91\text{cm}^2/\text{m}^2$  であり、次世代省エネルギー基準 (Ⅲ地域) の基準値  $5\text{cm}^2/\text{m}^2$  を満たしていた。

②調査時期：2006 年 9 月

③発症者：次男 (7 才)

④症例経過：居住者のうち、主に症状が出たのは入居後に誕生した次男である。生後間もなく咳の症状が現れ、常に咳込んでいた。医師より化学物質に効果的であると

言われる漢方薬を処方され、それ以来症状が落ち着いているとのことである。長男は、以前に居住していたアパートで誕生し、生後すぐより湿疹や咳等の症状を訴えていたが、現在の住宅に入居後、症状は落ち着いている。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドは、1 階居間で  $159\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2 階長女部屋で  $115\mu\text{g}/\text{m}^3$  と指針値を超過した。あまり減衰が見られないのは、主に床材の合板や断熱材に含まれているホルムアルデヒドは内部拡散型の物質であり、時間をかけて徐々に室内へ放散していく傾向があるためであると考えられる。

VOC は、年数が経つにつれて濃度が減少したが、以前暫定目標値を超過している。2006 年度の VOC 測定結果からアルコール類の濃度が全測定点で高い値となっている。前回、前々回調査では検出されなかったので、建材からの発生ではなく、掃除薬剤などの持込品からの発生が考えられる。

換気には全室 24 室換気システムを採用し、常時運転している。さらに、エアコンには空気清浄機能が付き、かつカテキン入りのものを使用している。過去の測定で衣類の防虫剤等に使用される p-ジクロロベンゼンが高濃度を示したため、それまで使用していた防虫剤に関しては使用を止めたということである。殺虫剤も現在は使用していない。換気回数が  $0.22$  回と基準を下回り、濃度の低減が滞っている状況が懸念される。

⑥QEESI：次男は 10 歳未満であるので、母親が代わりに回答した。点数は、初回から最終回に掛けて 15 点から 10 点とあまり変化はなかった。

⑦他覚的臨床検査：長男と次男が参加している。長男は、健常者、次男は化学物質過敏症の疑いが濃厚であると診断された。次男は、眼球運動、神経反射、NIRO 起立試験で異常と診断されている。

⑧総括：現在の対策としては、特に換気と掃除に注意しながら生活している。ヒアリング調査から母親の印象によると、居住者は全員快方に向かっているとのことである。

#### 3. 2000 年~2005 年度の調査結果に基づいた統計解析

2000 年~2005 年度の調査結果に基づき、居住者の自覚症状と化学物質の関係、低年齢の居住者を対象として、自覚症状と化学物質濃度・住環境との関係について統計

的な解析を行った。

### 3.1 SHS の判定方法

6年間の対象住宅全60軒の居住者255名中、発症者を中心とした227名からQEESI問診票への回答を得た(回答率89.0%)。SHSについては、実際に伺った現場調査員による詳細な問診と現場の印象を元に判定を行った。必須条件として「新築またはリフォーム住宅入居後(約1年以内)に症状が悪化もしくは発症した」かつ「家の中にいる時に症状が発現する」という回答が得られることとし、判定が難しい場合はさらに、現場調査での印象(臭いや生活什器の使用・搬入具合等)から室内空気汚染が発症要因として疑われることを追加条件とした。なお、この判定は、化学物質濃度とQEESI問診票の結果はブラインド状態下(under mask condition)で行われている。居住者をこの定義に基づいて分類した結果、全アンケート回答者227名のうち、住宅が発症原因であると判断されたものが105名(46.3%)、住宅以外が発症原因であると判断されたものが43名(18.9%)、全く正常と考えられる症状のないものが79名(34.8%)となった。これ以降、「SHS105名」群、「住宅以外43名」群、「control79名」群とする。3群において、化学物質濃度と居住者の自覚症状との関係をグラフにしたものを、図25～図31に示す。

### 3.2 化学物質濃度と自覚症状の推移の関係

ここでは、2000年～2005年に継続調査を行った21軒の居住者72名のうち、SHS47名について考察する。まず、自覚症状の推移を悪化、持続、軽減、軽度の4種類に分類した。初回から最終回におけるQEESI症状合計点数が、10点以上増加していた場合を「悪化」、逆に10点以上減少していた場合を「軽減」、変化が±10点未満のうち、初回および最終回ともに20点以上であった場合を「継続」、20点未満で推移していたものを「軽度」とした(個別の10症状も同様に、2点以上増加:「悪化」、2点以上減少:「軽減」、変化が±1点以内のうち、初回および最終回ともに2点以上:「継続」、2点未満で推移:「軽度」)。4群における、初回と最終回の症状得点の変化を図32に示す。さらに4群を「軽減・軽度」と「悪化・持続」とし、2群間において個人属性や化学物質濃度を比較( $\chi^2$ 検定、t検定)した。

まず、初回調査時の化学物質濃度および濃度の増減量を比較した。ホルムアルデヒドの結果を図33、図34、トルエンの結果を図35、図36、TVOCの結果を図37、図38に示す。「悪化・持続」群では初回のホルムアルデヒド濃度が高く、その後のホルムアルデヒドの増減量を比較してみると、「悪化・持続」群のほうが、「軽減・軽度」群に比べて濃度の減衰量が大きいがわかる。このことから、竣工初期に高濃度のホルムアルデヒドに曝露することにより、その後体内からホルムアルデヒドが排出されにくく、体内残存性の性質があることが考えられた。トルエン、TVOCについては、初回の濃度は「軽減・軽度」群の濃度が高いが、減衰も「軽減・軽度」群のほうが大きい。よって、トルエン、TVOCは年数の経過に伴い、体内から排出され、自覚症状が軽減した可能性が考えられた。

### 3.3 低年齢群における化学物質と症状の関連性

ここでは、2000年から2005年に調査を行った初回調査60軒の居住者227名のうち化学物質の影響を受けやすいと考えられる低年齢群(6歳以下)46名について考察する。症状についてはQEESI問診票の症状項目を用いる。ただし、6歳以下は保護者が回答するため、自覚症状はほとんど点数をつけることはできないことから、回答の得られた皮膚、粘膜・結膜症状について要因を検討した。10点満点中、5点未満を症状なし、5点以上を症状ありとし、2群間「症状あり/症状なし」の化学物質濃度をwilcoxonの順位和検定で比較した。結果を表14に示す。p-ジクロロベンゼンが有意に粘膜・結膜症状と関連している可能性がある。皮膚症状については、キシレンとTVOCに有意差が認められ、皮膚症状の発生に関連している可能性が見られる。

### 3.4 低年齢群の自覚症状と住環境に関する解析

2.3で低年齢群の粘膜・結膜、皮膚症状と関連の見られた化学物質について、濃度増減要因について検討した。6歳以下の低年齢群が居住する78室について、各住環境に関して化学物質濃度をwilcoxonの順位和検定で比較した。キシレンの結果を表15、p-ジクロロベンゼンの結果を表16に示す。キシレンは内装材、薬剤処理、生活薬品について比較を行なったところ、ワックスの使用/不使用によりキシレンの濃度に有意差が見られ、この違いが6歳以

下の皮膚症状発症の原因になっている可能性がある。主に床に塗装されるワックスは最も床付近で生活する乳幼児には影響が大きいものと考えられる。p-ジクロロベンゼンについては換気性状、温湿度などの濃度増減に関連する住環境要素の検討を行なったところ、気密性能、日常の窓開け換気に有意差が見られた。高気密住宅において、防虫剤などから発生した p-ジクロロベンゼンが室内に留まり、低年齢群の粘膜・結膜症状に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

#### D. 考察と結論

シックハウスと疑われる住宅において室内環境測定および居住者の健康状態に関する調査を継続して実施し、これまで得たデータの解析の結果、以下の所見を得た。

2006年度調査の結果、TVOCの濃度が高く、81%の測定点で指針値を超過した。VOCの中では、 $\alpha$ -ピネンとエタノールの濃度が高く、エタノールは掃除用薬剤などの持ち込み品による影響が大きいと考えられる。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドは、これまでの解析結果<sup>9)</sup>と比較すると、指針値の超過率がそれぞれ47%と5%と低い結果になっている、2003年に厚生労働省により化学物質濃度の指針値が定められたことによる影響であると考えられた。

追跡調査事例では、積極的に換気を励行し、症状が軽減した住宅が多かった。しかし、建材からの化学物質の発生は減少しているが、持ち込み品によるものと思われる化学物質の濃度が増加する傾向が見られた。

2000年～2005年度の調査に基づき、化学物質濃度の経年変化とそれともなう自覚症状の変化について統計的に解析した。継続調査を行った47名のシックハウス症候群患者を症状が「軽減・軽度」群と、「悪化・持続」群の2群に分けて、それぞれの群で曝露しているホルムアルデヒド、トルエン、TVOC濃度の初回調査時の濃度と初回調査から最終回調査にかけての濃度の増減量を比較した。

ホルムアルデヒドは、初回調査時の濃度、濃度の増減量ともに「悪化・持続」群のほうが大きく、初回調査時に高濃度のホルムアルデヒドに曝露することで、その後濃度が減少しても、症状の改善には至らない可能性がある。トルエン、TVOCについては、「軽減・軽度」群のほうが濃度の減少しており、室内空気質の改善が症状の改

善に効果があることが示唆された。

低年齢群における、化学物質濃度と症状の関係、自覚症状と住環境の関係について統計的に解析した。皮膚症状に関しては、キシレン・TVOCによる影響が考えられ、乳幼児が、キシレンの発生源として考えられるワックスが塗装された床付近で生活していることが影響していると考えられる。

#### E. 研究発表（学会発表のみ）

- 1) 吉田真理子、吉野博、祢津絃司、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状態に関する調査研究、日本建築学会東北支部研究報告会、pp.15-20、2006.6
- 2) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Mariko Yoshida, Koichi Ikeda, A Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa : Long-Term Field Survey on IAQ and Occupant's Health in 57 Sick House in Japan, Healthy Building 2006、pp.315-320、2006.6
- 3) Mariko Yoshida, Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, A Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa : FIELD SURVEY ABOUT IAQ, BUILDING PERFORMANCE AND OCCUPANT'S HEALTH OF SICK HOUSE IN JAPAN, Building and Urban Environmental Engineering 2006、pp.75-80、2006.7
- 4) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津絃司、石川哲：第15回日本臨床環境医学会総会抄録集、pp.43、2006.7
- 5) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa: Field Survey on Indoor Air Quality, Building Performance and Occupant's Health in Sick Houses, ICHES'05, pp.242-247, 2005.9
- 6) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津絃司、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する調査—その11 長期追跡調査の結果とまとめ—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.911-912、2006.9
- 7) 吉田真理子、吉野博、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津絃司、石川哲：

シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する調査—その12 シックハウス対策の効果に関する検証—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.913-914, 2006.9

8) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する継続調査、空気・調和衛生工学会学術講演論文集、pp.2085-2088、2006.9

9) 吉田真理子、吉野博、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：シ化学物質による室内空気汚染と居住者の健康状況に関する長期追跡調査、平成 18 年度室内環境学会総会、pp.162-163、2006.11

10) HIROSHI Yoshino, MARIKO Yoshida, KOICHI Ikeda, ATSUO Nozaki, KAZUHIKO Kakuta, SACHIKO Hojo, HIDEAKI Yoshino, KENTARO Amano, KOJI Netsu, SATOSHI Ishikawa: IWEERB2007, pp.209-212, 2007.1

#### 【謝辞】

今回の研究を進めるにあたりご協力いただきました関係者ならびに室内環境調査にご協力頂いた居住者の方々に厚く御礼申し上げます。

#### 【注釈】

注1) 住宅の気密性能の測定において、送風機を用いて室内の空気を排出し、室内側を負圧にし、通気量と室内外の圧力差から住宅のすきま量を求める方法を減圧法という。室内側を正圧にする方法を、加圧法という。

#### 【参考文献】

1) 室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境の開発：平成 10～12 年度 文部科学省 科学技術振興調整費生活者ニーズ対応研究生活・社会基盤研究

2) Waters：「Sep-Pak DNPH シリーズ アルデヒドサンプラーマニュアル 2002-2003 年版」、2002.12

3) Naohide Shinohara, Kazukiyo Kumagai, Naomichi Yamamoto, Yukio Yanagisawa, Mimiru Fujii, Akihiro Yamasaki: Field Validation of an Active Sampling Cartridge as a Passive Sampler for Long-Term Carbonyl Monitoring, Journal of Air &

Waste Management Association, Vol.54, pp.419-424, 2004.4

4) 野崎淳夫、折笠智昭、吉澤晋：開放型石油暖房器具からの VOC の発生 開放型燃焼器具からのガス状汚染物質の発生に関する研究（その1）、日本建築学会環境系論文集、第 591 号、pp.31-35、2005.5

5) 吉野博、三原邦彰、三田村輝章、鈴木憲高、熊谷一清、奥泉裕美子、野口美由貴、柳沢幸雄、大澤元毅：居住状態の住宅 24 戸における 3 種類の方法による換気量測定、日本建築学会技術報告集、20 号、pp.167-170、2004.12

6) Sachiko Hojo, Hiroaki Kumano, Hiroshi Yoshino, Kazuhiko Kakuta, and Satoshi Ishikawa: Application of Quick Environment Exposure Sensitivity Inventory (QEESI ©) for Japanese population: study of reliability and validity of the questionnaire. Toxicology and Industrial Health 2003, 19, pp.41-49.

7) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する調査—その11 長期追跡調査の結果とまとめ—, 日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.911-912, 2006.9



表 1 調査対象住宅の内訳（全 7 軒）

住宅ID	調査回数	住戸形式	築年数 (リフォーム後年数)	気密性能 [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	換気 システム	延床面積 [m <sup>2</sup> ]	居住人数
01邸	4回目	戸建/新築	7年5ヶ月	0.74	第3種	144	4
02邸	2回目	戸建/新築	5年10ヶ月		第3種	300.14	6
03邸	2回目	戸建/新築	2年8ヶ月	1.48	自然	130	3
04邸	新規	戸建/新築	9ヶ月	3.91	第3種	99.38	3
05邸	新規	戸建/新築	10ヶ月	3.1	第3種	126.9	4
06邸	3回目	戸建/新築	5年7ヶ月	0.24	第3種	135.1	4
07邸	4回目	戸建/新築	8年5ヶ月	1.05	第1種	127.76	5

表 2 調査対象住宅の年度別内訳（全 62 軒）

期間		調査住宅数	回答者数/居住者数
2000年	5～10月	23軒	45/106名
2001年	6～10月	33軒	137/139名
2002年	7～10月	13軒	55/59名
2003年	8～11月	10軒	38/46名
2004年	8～9月	8軒	34/37名
2005年	8～9月	10軒	49/51名
2006年	8～9月	7軒	29/29名
合計		延べ:104軒 (新規:62軒)	延べ:387/467名 (新規:256/284名)

※1 23軒で複数回実施(2ヶ年:13軒、3ヶ年:5軒、4ヶ年:3軒、6ヶ年:2軒)  
 ※2 2000年は症状を訴える居住者のみ、2001年以降は全居住者が対象

表 3 追跡調査の実施状況（23 軒）

継続住宅№	初回築年数	調査回数	調査年							QEESI継続データ数 /全居住者数
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
1	3ヶ月	4	○		○	○	○			4/4
2	2年7ヶ月	2	○					○		1/4
3	5年10ヶ月	2	○					○		4/6
4	3年6ヶ月	2	○		○					3/4
5	1年4ヶ月	4	○	○	○				○	4/5
6	5ヶ月	2	○	○						0/3
7	2年4ヶ月	6	○	○	○	○	○	○		5/5
8	2年3ヶ月	4	○	○		○			○	5/5
9	17年7ヶ月	3	○	○				○		6/6
10	2年6ヶ月	2	○	○						2/4
11	2年0ヶ月	2	○	○						2/5
12	12年9ヶ月	2	○	○						2/3
13	7年1ヶ月	6	○	○	○	○	○	○		7/8
14	1年4ヶ月	2	○					○		1/7
15	2年11ヶ月	3	○	○		○				3/4
16	9ヶ月	2		○					○	6/6
17	30年3ヶ月	2		○	○					3/3
18	5ヶ月	3		○	○				○	4/4
19	6年2ヶ月	2		○				○		4/5
20	1年9ヶ月	3		○		○	○			3/3
21	6ヶ月	3		○	○	○				5/5
22	1年9ヶ月	2		○	○					4/4
23	2年8ヶ月	2						○	○	3/3
合計	2ヶ年:13軒、3ヶ年:5軒、4ヶ年:3軒、6ヶ年:2軒									81/106

表 4 化学物質濃度の測定・分析条件

カルボニル 化合物	捕集方法	Sep-Pak XpoSure Aldehyde Sampler (Waters社製) 使用 24時間アクティブサンプリング (100ml/min)
	分析方法	アセトニトリル (4ml) を溶媒として抽出後、HPLCに導入 国立保健医療科学院建築衛生部にて分析
	分析条件	分析機器: HPLC (高速液体クロマトグラフ) 検出器: DAD (Diode Array Detector) カラム: Eclipse XDBカラム (ポアサイズ80、5 $\mu$ m $\times$ 250mm) 移動相: 水:アセトニトリル=35:65 移動相の流速: 1.0ml/min カラム温度: 35 $^{\circ}$ C 検出波長: 365nm (Ref.600nm) 輸送圧力: 78~90bar
揮発性 有機化合物 (VOC)	捕集方法	粒状活性炭チューブジャンボ (柴田化学社製) 使用 24時間アクティブサンプリング (300ml/min)
	分析方法	加熱脱着法 東スリーエス株式会社にて分析
	分析条件	分析機器: GC/MS (ガスクロマトグラフ/質量分析計) 島津製作所(株) QP-5050型 カラム: SUPELCO製 TC-WAX (60m $\times$ 0.25mm ID 0.25 $\mu$ m) 昇温レート: 40 $^{\circ}$ C (2min) -5.0 $^{\circ}$ C $\uparrow$ $\rightarrow$ 120 $^{\circ}$ C -10 $^{\circ}$ C $\uparrow$ $\rightarrow$ 250 $^{\circ}$ C (1min) 移動相: ヘリウム 99.9999% 圧力 (カラム内) 120KPa インターフェース: 230 $^{\circ}$ C 気化室温度: 230 $^{\circ}$ C inj: 1 $\mu$ L 210 $^{\circ}$ C スプリット 検出器: SIMモード (1.10KV: 0.20sec) スキャンモード (1.10KV: 0.25sec)

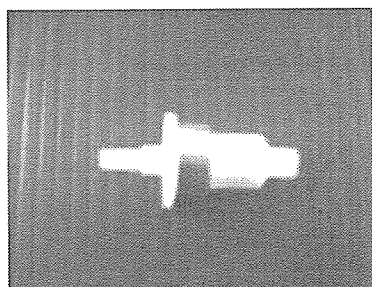


写真 1 捕集剤 (カルボニル化合物)

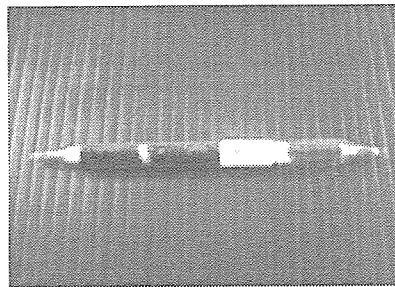


写真 2 捕集剤 (VOC)

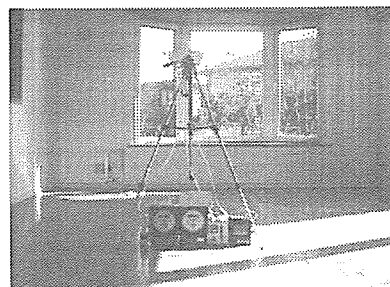


写真 3 化学物質濃度測定の様子

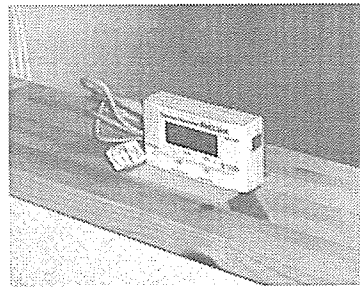


写真 4 温・湿度測定器

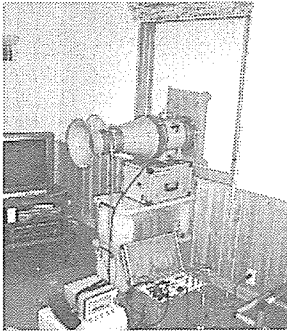


写真 5 気密測定の様子

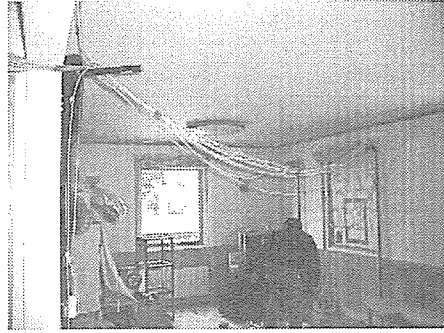


写真 6 換気量測定の様子（室内）

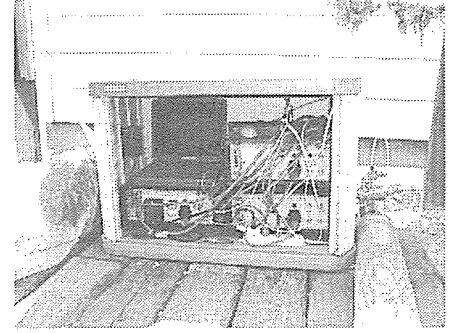


写真 7 換気量測定の様子（室外）

表 5 住まい手のための問診票の質問項目

質問項目		詳細内容	質問数
居住者の属性に関する情報	個人属性	年齢、家族構成、アレルギーの有無、症状の種類等	25
	個人習慣	喫煙者の有無、滞在時間等	6
居住環境に関する情報	建物周囲環境	立地場所、周辺地域、近隣施設、農薬散布の有無等	18
	建築・設備仕様	構造、築年数、下地・内装仕上げ材、換気方式等	33
	室内状況	室内環境、日常生活における薬品の使用の有無等	27
生活意識に関する情報	生活意識	シックハウスに関する知識、対策等	6

表 6 QEESI 問診票の質問項目

質問項目	内容
1. 化学物質曝露による反応	タバコの煙、殺虫剤等の化学物質に対する不耐性(0~100)
2. その他の化学物質曝露による反応	抗生物質、花粉等の化学物質に対する不耐性(0~100)
3. 症状	気管粘膜、頭部、皮膚等における症状の程度(0~100)
4. 日常生活の障害の程度	暮らしとの関係(0~100)
5. マスキング	症状の隠れ、症状の偽装(0~10)

質問1~4(0:なし、5:中程度、10:重症)、質問5(0:いいえ、1:はい)

表7 化学物質濃度測定結果（カルボニル化合物・VOC） 2006

物質名			単位	2006年(7軒21室代表値)								指針値
				データ数	検出率	最大値	最小値	平均値	中央値	超過数	超過率	
カルボニル化合物	ホルムアルデヒド	CH2O	μg/m <sup>3</sup>	19	100%	221.0	45.6	106.2	97.6	9	47%	100
	アセトアルデヒド	C2H4O	μg/m <sup>3</sup>	20	100%	126.3	7.0	51.5	43.3	1	5%	48
脂肪族炭化水素類	n-ヘキサン	C6H14	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	2,2,4-トリメチルペンタン	C8H18	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	n-ヘプタン	C7H16	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	n-オクタン	C8H18	μg/m <sup>3</sup>	21	24%	25.4	2.5	4.6	2.5			-
	n-ノナン	C9H20	μg/m <sup>3</sup>	21	38%	59.0	2.5	7.8	2.5			-
	n-デカン	C10H22	μg/m <sup>3</sup>	21	62%	40.2	2.5	7.8	5.6			-
	n-ウンデカン	C11H24	μg/m <sup>3</sup>	21	48%	24.7	2.5	5.9	2.5			-
	n-ドデカン	C12H26	μg/m <sup>3</sup>	21	48%	20.6	2.5	6.4	2.5			-
	n-トリデカン	C13H28	μg/m <sup>3</sup>	21	24%	14.4	2.5	4.0	2.5			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	81%	170.7	0.0	27.6	16.4	2	10%	-
芳香族炭化水素類	ベンゼン	C6H6	μg/m <sup>3</sup>	21	86%	24.9	2.5	13.1	10.5			-
	トルエン	C7H8	μg/m <sup>3</sup>	21	100%	69.6	5.3	22.7	18.1	0	0%	260
	エチルベンゼン	C8H10	μg/m <sup>3</sup>	21	38%	51.7	2.5	11.1	2.5	0	0%	3800
	キシレン	C8H10	μg/m <sup>3</sup>	21	38%	48.1	2.5	11.9	2.5	0	0%	870
	1,3,5-トリメチルベンゼン	C9H12	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	1,2,4-トリメチルベンゼン	C9H12	μg/m <sup>3</sup>	21	10%	15.3	2.5	3.5	2.5			-
	1,2,3-トリメチルベンゼン	C9H12	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	100%	120.2	5.3	56.9	50.1	11	52%	-
ハロゲン化炭化水素類	ジクロロメタン	CH2Cl2	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	トリクロロエチレン	C2HCl3	μg/m <sup>3</sup>	21	0%	2.5	2.5	2.5	2.5			-
	テトラクロロエチレン	C2Cl4	μg/m <sup>3</sup>	21	14%	13.5	2.5	3.5	2.5			-
	p-ジクロロベンゼン	C6H4Cl2	μg/m <sup>3</sup>	21	43%	78.5	2.5	14.0	2.5	0	0%	240
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	57%	78.5	0.0	14.7	8.3	4	19%	-
テルペン類	2-ピネン	C10H16	μg/m <sup>3</sup>	21	100%	3440.0	5.9	747.3	186.0			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	100%	3440.0	5.9	747.3	186.0	18	86%	-
エステル類	酢酸エチル	C4H8O2	μg/m <sup>3</sup>	21	90%	348.0	2.5	39.2	15.7			-
	酢酸ブチル	C6H12O2	μg/m <sup>3</sup>	21	57%	46.4	2.5	9.7	5.7			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	95%	371.3	0.0	47.6	21.1	11	52%	-
アルデヒド・ケトン類	アセトン	C3H6O	μg/m <sup>3</sup>	0	-	-	-	-	-			-
	メチルエチルケトン	C4H8O	μg/m <sup>3</sup>	0	-	-	-	-	-			-
	メチルイソブチルケトン	C6H12O	μg/m <sup>3</sup>	21	14%	8.5	2.5	3.2	2.5			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	14%	8.5	2.5	3.2	2.5	0	0%	-
アルコール類	エタノール	C2H6O	μg/m <sup>3</sup>	21	90%	1010.0	2.5	193.5	91.7			-
	1-ブタノール	C2H6O	μg/m <sup>3</sup>	0	-	-	-	-	-			-
	小計		μg/m <sup>3</sup>	21	90%	1010.0	0.0	193.3	91.7	12	57%	-
同定物質合計			μg/m <sup>3</sup>	21	100%	3789.0	32.3	1087.9	697.0			-
その他の同定物質合計 <sup>※1</sup>			μg/m <sup>3</sup>	21	95%	362.9	0.0	119.2	72.6			-
未同定物質合計			μg/m <sup>3</sup>	21	100%	48.7	27.8	38.3	37.3			-
TVOC <sup>※2</sup>			μg/m <sup>3</sup>	21	100%	4190.0	60.4	1245.3	807.0	17	81%	400

※1 2,4-ジメチルペンタン、1,2,4,5-テトラメチルベンゼン、スチレン、2-エチルトルエン、3-エチルトルエン、4-エチルトルエン、1,1,1-トリクロロエタン、ブromoジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロプロパン、β-ピネン、リモネン、酢酸ビニル、デカノール、ノナノール、1-デカノール、2-プロパノール、2-エチル-1-ヘキサノール、テトラデカン、ペンタデカン、ヘキサデカンの21物質

※2 TVOC＝同定物質合計＋その他の同定物質合計＋未同定物質合計

※3 定量下限値(＝5.0μg/m<sup>3</sup>)未満の場合、<5.0μg/m<sup>3</sup>→2.5μg/m<sup>3</sup>として平均値を算出。

対象:2006対象住宅7軒21室

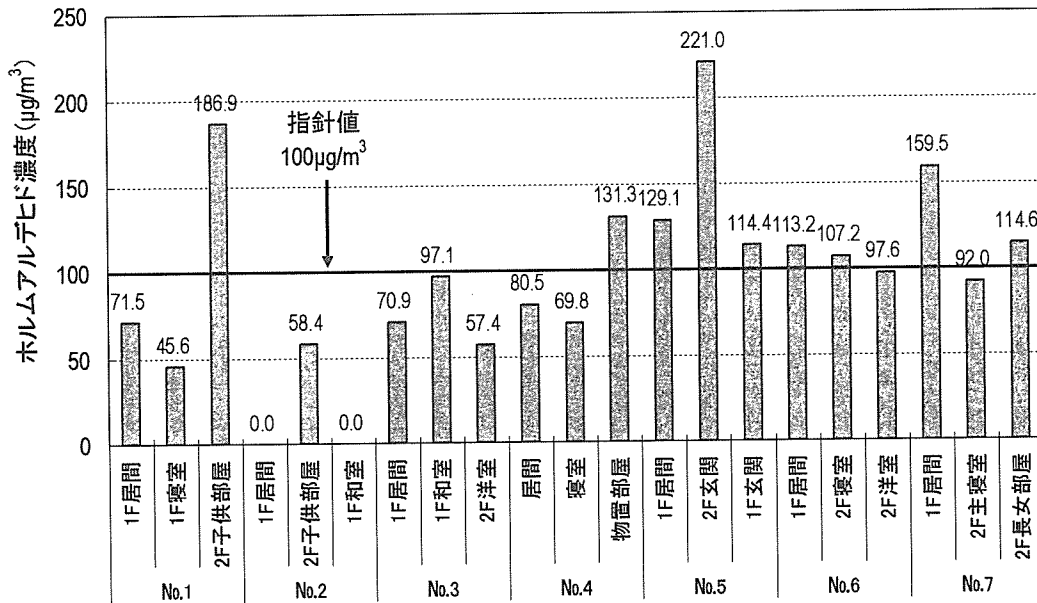


図1 ホルムアルデヒド濃度測定結果 (2006)

対象:2006対象住宅7軒21室

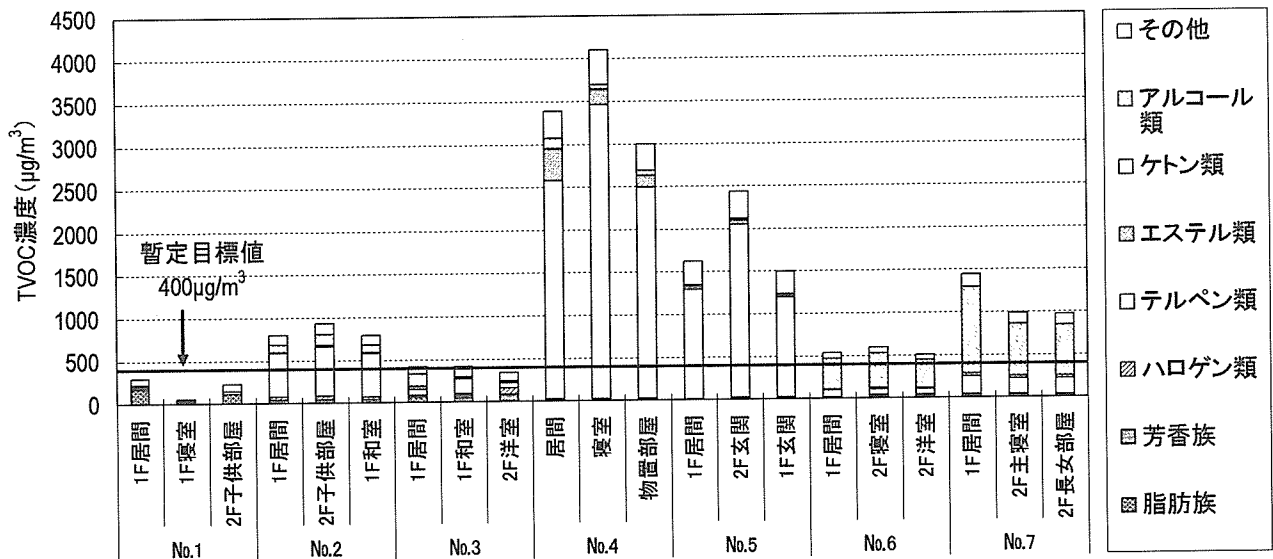


図2 VOC測定結果 (2006)

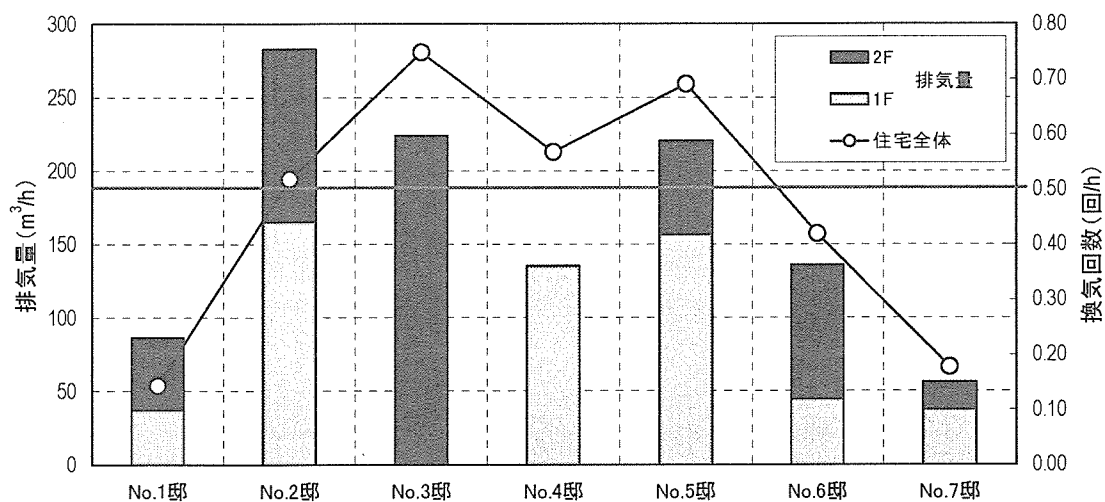


図3 換気量測定結果 (2006年度)

表8 住宅概要 (No.1 邸)

測定日	空気質: 2000年7月、2001年7月、2002年8月、2006年8月 換気量: 2002年8月 気密性能: 2001年7月、2002年8月、2006年8月			
所在地	宮城県松島町			
住宅形態	木造2階建戸建住宅			
延べ床	144.00m <sup>2</sup>			
竣工年月日	1999年3月			
築年数	7.39年			
換気方式	第3種換気システム			
家族構成	3人: 父親(37才)、母親(38才)、長男(8才)、長女(6才)			
内装仕上げ	測定点			
	1F居間	2F子供寝室	1F和室	
床	仕上げ	ビニルクロス	ビニルクロス	ビニルクロス
	下地	PB	PB	PB
壁	仕上げ	無垢フローリング	カーペット	畳
	下地	合板	フェルト	合板
天井	仕上げ	ビニルクロス	ビニルクロス	ビニルクロス
	下地	PB	PB	PB

※PB:石膏 plasterボード

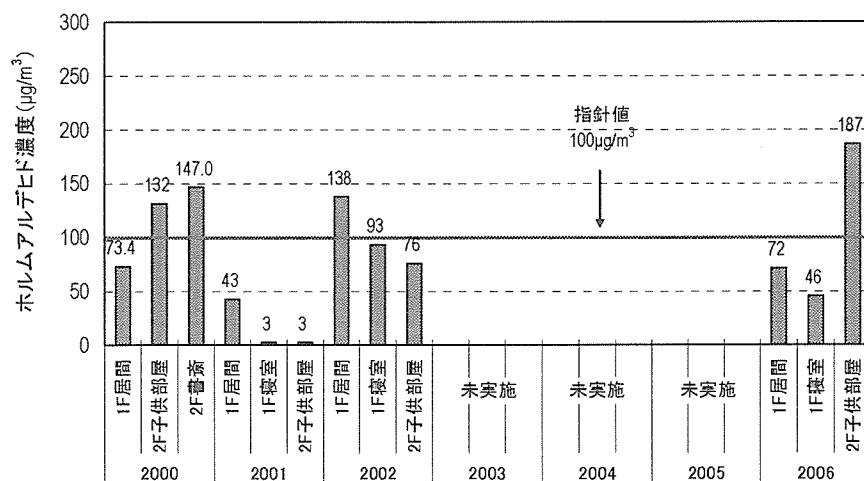


図4 HCHO濃度の経年変化 (No.1 邸)