

780nm のダイオードレーザーを用いて測定を行うため、散瞳する必要がなく、測定時間も短く、簡便な測定法である。

### C. 結果 (図 3、4)

- ・解剖実習前後では網膜組織血流量は有意な変化は認められなかった (図 3) が、視神経乳頭血流量は平均 12.2%減少した (図 4)。

### D. 考案

本研究から、高濃度ホルムアルデヒド曝露によって眼循環障害が引き起こされる可能性が示唆された。とくに、網膜組織血流量が変化せず、視神経乳頭組織血流量が減少したが、視神経乳頭は大部分が脈絡膜循環に支配されていることから、この結果はシックハウス症候群患者における研究から得られた知見、すなわちシックハウス症候群患者では網膜血流量は変化しないが脈絡膜血流量は減少するという結果に良く一致している。本研究はこれはあくまでも急性曝露実験であり、検討しなければならない点も多いが、とくに原因物質がホルムアルデヒドである場合には、シックハウス症候群の病態を考える際にホルムアルデヒドによる眼循環障害の可能性も考慮しなければならないことを示唆すると考えられる。今後はさらに症例数を増やし、より詳細な検討を加える予定である。

### G. 結論

ホルムアルデヒド高濃度曝露により眼循環障害が引き起こされる可能性が示唆された。

### H. 研究発表

論文発表：なし

学会発表：平成 16 年度臨床環境医学会で発表予定。

知的所有権の取得状況

取得しておらず。

## III、シックハウス症候群患者における眼循環動態への血中作動性物質の関与

### A. 研究目的

我々はこれまで網膜循環動態における血管作動性物質の役割について検討を重ねてきた。特に、重要な血管拡張因子である一酸化窒素(NO)、また血管収縮物質であるアンジオテンシン II を司るレニンの前駆物質であるプロレニンに着目し、解析を行ってきた。そして、糖尿病患者では網膜症の進行に伴って一酸化窒素化合物(NOx)およびプロレニンが上昇し、さらに血中プロレニン濃度と中心窩脈絡膜血流との間に有意な負の相関を認めた。これより、糖尿病患者では網膜症発症前から中心窩血流量が低下し

ており、この低下に NO あるいはプロレニンが関与していることを報告した。

本研究 I より、シックハウス症候群患者では眼循環障害が引き起こされていることが明らかとなった。そこで我々はこの循環障害に血管作動性物質が関与しているか否か検討した。

## B. 対象と方法

対象は当科外来を受診したシックハウス症候群患者のうち採血に同意していただいた女性患者 11 名を対象とした。循環動態測定後、前腕静脈より静脈血 5cc を採取し、以下の分析に用いた。

### \* ENO-20 (エイコム社製)

NO は生体において数秒以内に不活性化され、その濃度を直接測定することは極めて困難である。NO は酸化されると NO<sub>2</sub>、さらに NO<sub>3</sub>、になるが、この NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> 濃度を測定することにより、生体における NO の動態を推測することが可能である。近年市販された ENO-20 により Griess 法に基づく高速液体クロマトグラフィーで NO の安定した代謝産物である NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> 濃度を分離測定することができる。我々は本装置を用いて、糖尿病患者では血漿 NO<sub>x</sub> 濃度が上昇することを報告した。

### \* 抗体活性化直接プロレニン測定

我々は常盤工業（株）との共同研究から、従来の測定法より精度の高い抗体活性化直接プロレニン測定を行うことにより、糖尿病患者では網膜症の病期が進むにしたがって血清プロレニン濃度が上昇することを報告した。

## C. 結果 (図 5, 6)

- ・シックハウス症候群患者(n=11)における血漿 NO<sub>x</sub> 濃度 (図 5) および血清プロレニン濃度 (図 6) はそれぞれ  $2.2 \pm 1.7 \mu\text{mom/L}$  および  $74.3 \pm 53.8\text{pg/mL}$  であり、正常群におけるそれらの平均値  $2.0 \pm 0.8\mu\text{mom/L}$  および  $102.1 \pm 61.6\text{pg/mL}$  と比べ有意差は認めなかった。

## D. 考案

本研究からは重要な血管作動静物質である NO あるいはレニンの前駆体である prorenin 濃度とシックハウス症候群患者の眼循環動態との間には有意差は認められなかった。今回は少数例での検討であり、今後症例数を増やして検討したいと考えている。

## E. 結論

今回の少数例における検討ではシックハウス症候群患者における眼循環障害と血中 NO<sub>x</sub> およびプロレニン濃度との関連は明らかではなかった。

## **F. 研究発表**

論文発表：なし

学会発表：なし。

知的所有権の取得状況

取得しておらず。

图 1

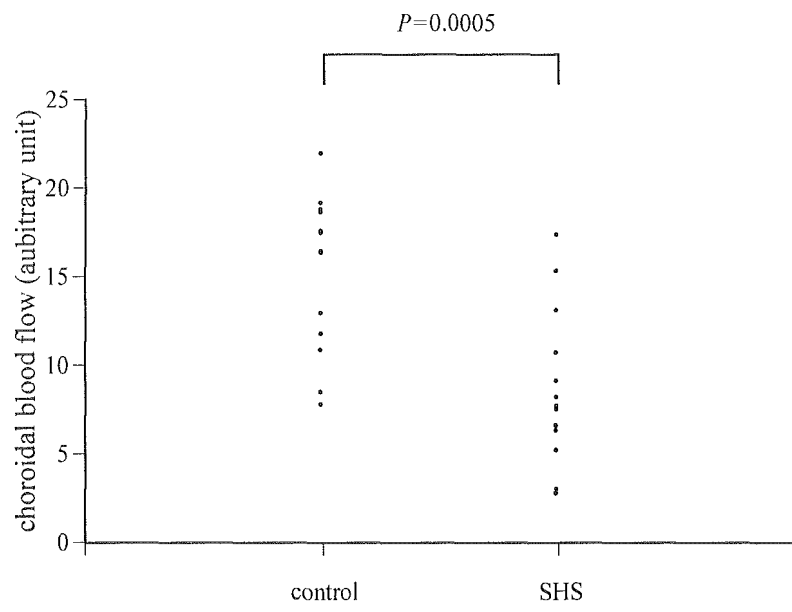


图 2

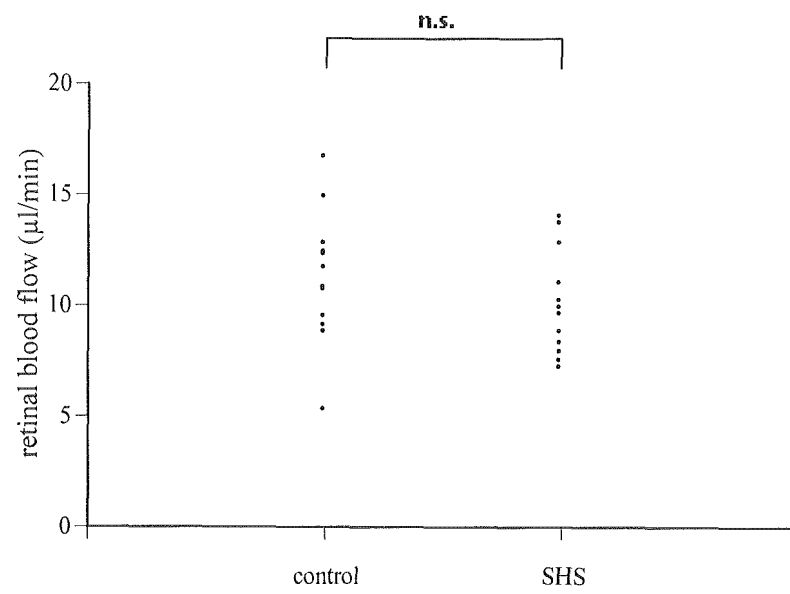


圖 3

網膜組織血流量

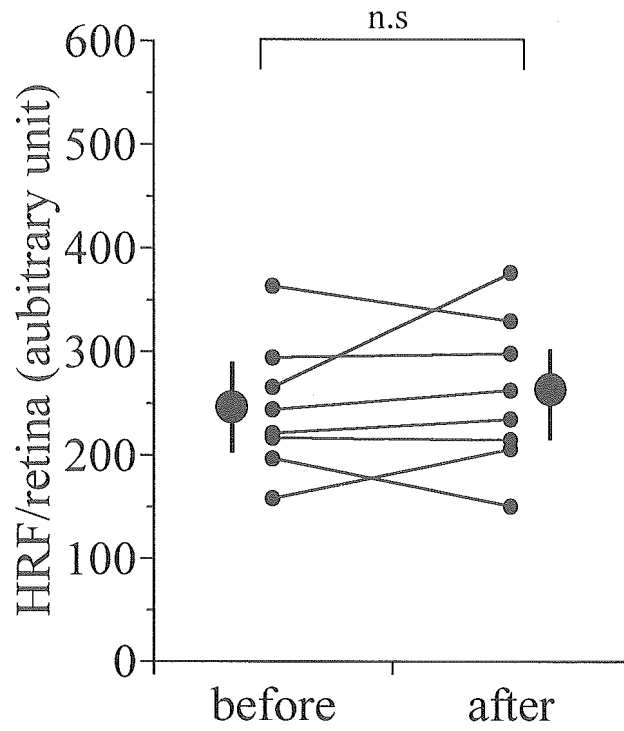


圖 4

視神經乳頭組織血流量

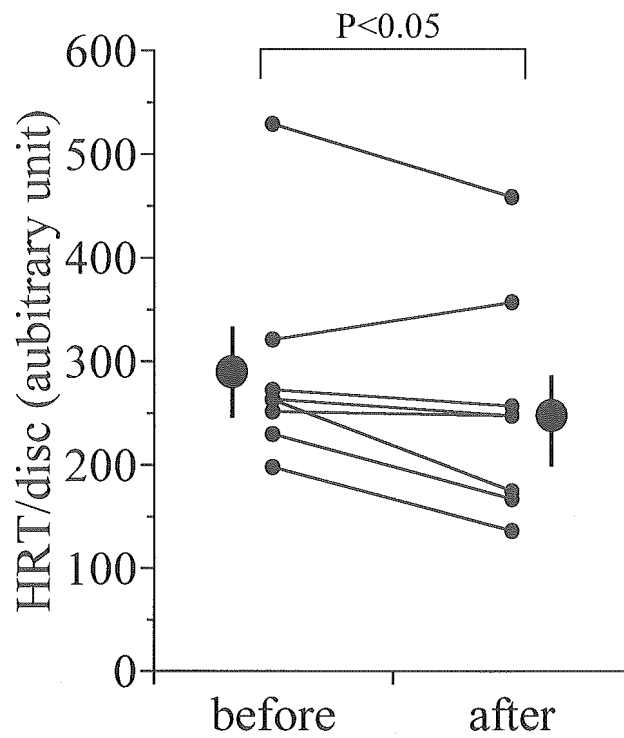


图 5

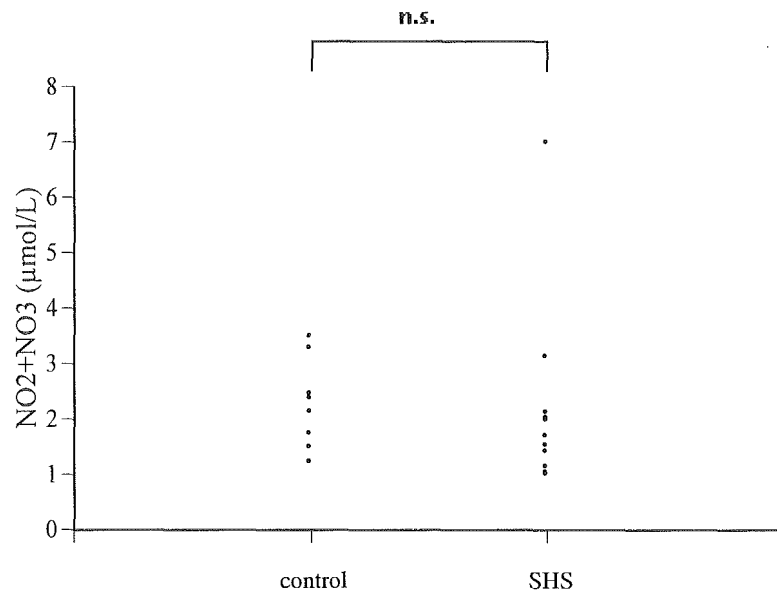
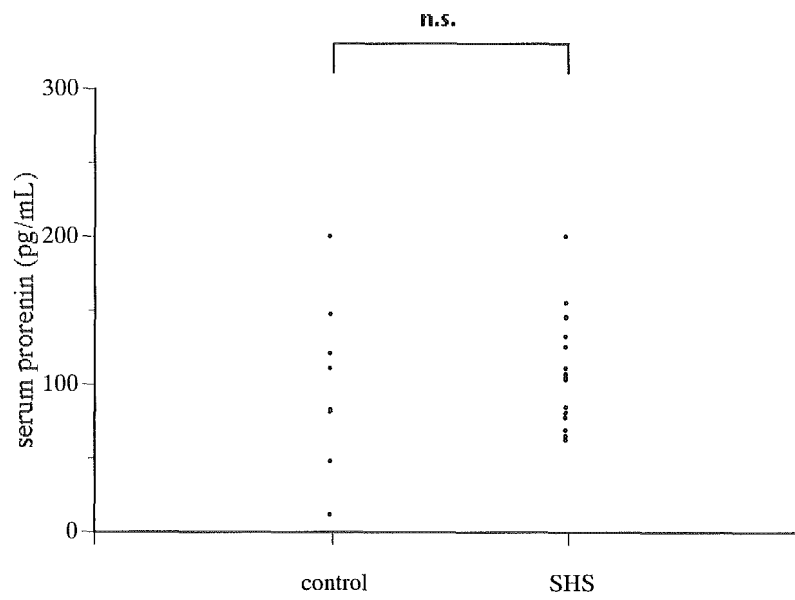


图 6



## IX. シックハウスの実態解明と

### 防除対策に関する実証的研究

微量化学物質による室内空気汚染の実態と

濃度変動に関する調査研究

東北大学大学院工学研究科都市建築学

吉野 博

天野健太郎

松本 麻里

趙 俊宏

東北大学工学部建築学科

祢津 紘司

宮城厚生協会坂総合病院小児科

角田 和彦

尚綱学院大学生活創造学科

北條 祥子

## シックハウスの実態解明と防除対策に関する実証的研究

### 微量化学物質による室内空気汚染の実態と濃度変動に関する調査研究

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 教授）

研究協力者 天野 健太郎（東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻 ）  
松本 麻里（同上 ）  
趙 俊宏（同上 ）  
柘津 紘司（東北大学工学部建築学科 ）  
角田 和彦（宮城厚生協会 坂総合病院小児科 ）  
北條 祥子（尚絅学院大学生生活創造学科 教授 ）

#### 研究要旨

過去3年間の調査に引き続き、宮城地区のシックハウス症候群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実態調査を実施した。室内空気汚染の実態を把握し、長期追跡調査から室内汚染化学物質の経年による濃度変動と室内環境の変化に伴う健康状態の変化について追究した。さらに、有機リン系化合物、フタル酸エステル類の微量化学物質による室内汚染の実態把握を試みた。その結果、化学物質の濃度については、トルエン等の多くの VOC については、経年による減衰傾向が認められたが、カルボニル化合物は年数の経過に伴う濃度の低減は明確にはみられなかった。微量化学物質の濃度測定では、有機リン系化合物、フタル酸エステル類ともに室内から検出されていても、その濃度は非常に低い結果となった。室内環境と健康状態の関係については、室内濃度が低減し、環境の改善に伴い症状が軽快するケースがある一方で、悪化するケースがあった。また、室内化学物質の濃度は非常に低いが、症状が重いケースが確認された。

#### 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、医師の診察等により、シックハウス症候群と疑われる居住者が存在する住宅を対象として、室内空気中の化学物質（カルボニル化合物、揮発性有機化合物（以下、VOC）、有機リン系化合物、フタル酸エステル類）の濃度や換気性状（気密性能、外気導入量等）

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・化学物質過敏症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、平成12年～15年度に実施した調査の集計結果と平成15年度の調査事例9軒の分析結果について報告する。

#### B. 研究方法

##### 1. シックハウスと疑われる住宅における室内環境測定調査

###### 1. 1. 調査対象

調査対象住宅は、宮城県内のシックハウスが疑われる住宅で、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、化学物質過敏症の疑いがある者が居住している。平成15年度の調査は9軒（追跡調査：7軒、新規調査：2軒）で実施した。平成12年度から15年度まででは、52軒（延べ77軒）の住宅で調査を実施しており、そのうち15軒で追跡調査を実施している。

## 1. 2. 調査方法

### (1) 住環境に関するアンケート調査

住環境の実態に関する情報を得るために、アンケート調査を実施し、各家庭の代表者に回答を依頼した。また、住居の構造や平面、使用建材等の建物の概要について調査した。

### (2) 室内環境の測定方法

室内環境の測定項目は①化学物質の気中濃度（カルボニル化合物（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド等）、VOC（トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン等）、有機リン系化合物を中心とした殺虫剤成分物質（クロルピリフォス、ダイアジノン、フェノプカルブ等）、フタル酸エステル類）②住宅の換気性状（気密性能、換気量）、③温湿度である。

化学物質の気中濃度の測定方法について以下に示す。カルボニル化合物とVOCは、住宅毎に室内2～3箇所（居間、寝室、その他1室）と住宅周辺外気の計3～4箇所で測定した。有機リン系化合物については住宅毎に室内1箇所（和室）、床下1箇所の計2箇所で測定した。また、フタル酸エステル類の測定は一部の住戸で実施した。いずれの物質の測定に対しても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は一日を通して、長時間にわたり閉鎖することを条件とした。なお、カルボニル化合物、VOC、フタル酸エステル類のサンプリング位置は、床上1.2mとし、有機リン系化合物は床上5cmとした。カルボニル化合物は、DNPHカートリッジ（Waters社製、XpoSure Aldehyde Sampler）を用いて24時間パッシブサンプリングし、アセトニトリル溶媒で抽出後、高速液体クロマトグラフにより定性・定量分析を行った。VOCは、粒状活性炭（柴田化学機械工業株式会社製、Charcoal Tube Jumbo）にポンプを用い、300ml/minの通気量で24時間アクティブサンプリングし、二硫化炭素溶媒で抽出後、ガスクロ

マトグラフにより定性・定量分析を行った。有機リン系化合物は、スチレンジピニルベンゼン共重合体充填カートリッジ（Waters社製、PS-Air Cartridge）を用いて1.0L/minの通気量で24時間アクティブサンプリングし、アセトン溶媒に抽出後、ガスクロマトグラフにより定性・定量分析を行った。フタル酸エステル類は、Tenax管（SUPELCO社製、Tenax TA）を用いて200ml/minの通気量で24時間アクティブサンプリングし、加熱脱着法によりガスクロマトグラフ質量分析計により定性・定量分析を行った。なお、カルボニル化合物の分析は国立保健医療科学院建築衛生部、VOCの分析は東北文化学園大学環境計画学部、有機リン系化合物、フタル酸エステル類の分析は東スリーエス株式会社研究開発分析室に依頼した。

住宅の気密性能測定に関しては、気密測定器（コーナー札幌社製、KNS-400）を用いて、減圧法により測定した。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。

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）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、Swema Flow65）を用いて、システム給排気口の風量を測定した。

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。

### 1. 3. 調査時期

調査は、高温・多湿のため1年を通して最も化学物質の濃度が高くなると考えられる夏期を中心として実施している。平成15年度の調査は、7月から10月にかけて実

施した。

## 2. シックハウスと疑われる住宅の居住者の健康状態に関するアンケート調査及び臨床検査

### 2. 1. 調査対象

シックハウスと疑われる住宅の居住者の健康状態に関して、アンケート調査、ならびにシックハウス症候群・化学物質過敏症を専門としている医師による臨床検査を実施した。アンケート調査は室内環境の調査を実施した住宅の全居住者を対象とし、臨床検査はその居住者の中から希望者を募り、症状等によって選考を行って実施した。なお、臨床検査の参加者は調査内容を十分に説明された後、参加の意志を確認し、申し込み書に署名後、検査に参加した。

### 2. 2. 調査内容

#### 2. 2. 1. QEESI 問診票による調査

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ために、QEESI (Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory) 問診票を用いたアンケート調査を実施した。これはテキサス大学の Miller らが考案し<sup>2)</sup>、アメリカのマサチューセッツ工科大学、テキサス大、アリゾナ大学医学部等で使用されている質問票を北里研究所病院環境医学センター・センター長・石川哲先生が日本人向けに改訂を加えたものである<sup>3)</sup>。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。

#### 2. 2. 2. 臨床検査

一般に、シックハウス症候群・化学物質過敏症患者は、化学物質の曝露を受けることによって自律神経機能や視覚分野の神経系に障害を呈し、また、脳の機構に異常をきたす例が多い。そこで、化学物質曝露による健康面への影響を把握するために、シックハウス症候群・化学物質過敏症専門の医師による診察と各種臨床検査を実施した。以下に、主な臨床検査内容を概説する。

①専門医による診察:石川哲先生による診察(眼球運動、膝外腱反射等の神経反射等)を実施した。

②眼科一般検査:眼科一般検査(視力、眼圧等)にて眼科的基礎疾患の有無を検査した。

③滑動性眼球追従運動の検査:眼球電位図(EOG:Electro Oculo Graphy)により、水平および垂直方向の眼球運動を検査し、視覚分野における神経系の異常を判定した。

④瞳孔反応の検査:赤外線電子瞳孔計(浜松ホトニクス社製、イリスコーダ C2514)を使用し、瞳孔反応を検査した。15分間の暗順応後に左右1または2回測定し、良好な状態で記録できた結果から得られた値を平均した。年齢によって、正常値が異なるため、得られたデータは年代ごとの正常平均値からの偏差( $\frac{\text{測定値}-\text{平均値}}{\text{標準偏差}}$ )を計算した。正常値として北里大学眼科で1992年5月7日~11月26日間に女性556名、男1076名から計測された年齢ごとの平均値と標準偏差を利用した。また、内海らの分類<sup>4)</sup>に従い、交感神経優位、副交感神経優位、に分類した。

⑤脳内血流状態の測定:近赤外線組織酸素モニター(NIRS: Near Infrared Spectroscopy)<sup>5)</sup>(浜松ホトニクス社製、NIRO-300)を使用して脳内の血流量を測定した(北里研究所病院臨床環境医学センター・坂部貢先生)。安静時の基線のゆらぎ(基線から $\pm 1 \mu\text{mol}$ 未満の変動を正常=0、 $\pm 1 \mu\text{mol}$ 以上の変動を軽度異常=1、 $\pm 2 \mu\text{mol}$ 以上の変動を異常=2)、頭位変換時の基線の変動(基線より $1 \mu\text{mol}$ 未満の変化を正常=0、 $1 \mu\text{mol}$ 以上の変動を軽度異常=1、 $2 \mu\text{mol}$ 以上の変動を異常=2)、起立試験時の基線の変動(起立時に $\text{O}_2\text{Hb}$ が基線に戻る、もしくは $1 \mu\text{mol}$ 未満:正常=0、 $\text{O}_2\text{Hb}$ が基線に戻らず、 $1\sim 2 \mu\text{mol}$ 未満の変化:軽度異常=1、 $2 \mu\text{mol}$ 以上の変化:異常=2)から点数化、合計した(正常=0、軽度異常=1~3、異常=4~6)。

⑥その他の検査:心電図、重心計、アレルギー検査等

## C. 研究結果

### 1. 室内環境測定調査結果

#### (1) 平成15年度化学物質濃度測定結果

平成15年度調査対象住宅9軒(26室)のカルボニル化合物およびVOCの濃度測定結果を表1に、有機リン系化

化合物の濃度測定結果を表2に、2軒の住宅におけるフタル酸エステル類の濃度測定結果を表3に示す。カルボニル化合物、VOCの結果については、本年度の調査対象は多くが追跡調査のため、これまでの調査結果と比較し平均値・中央値・最大値ともに低い結果となった。しかし、依然としてホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの濃度の指針値超過率は高く、半数近くの測定室でそれぞれの指針値を上回っていた。有機リン系化合物については、検出されたのはクロロピリホスとフェノブカルブのみであり、その濃度は指針値と比較すると非常に低い値であった。フタル酸エステル類については、新規調査住宅2軒4室で測定を実施し、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルを含む4物質が全ての測定室で検出された。しかし、その濃度は指針値の100分の1以下の程度であった。有機リン系化合物、フタル酸エステル類の微量化学物質の実住宅における濃度測定は例が少ないため、今後データ数を増やすと同時に測定方法の検討が必要とされると考えられる。

#### (2) 化学物質濃度の累積頻度分布

平成12～15年度までの調査対象住宅52軒の初回調査時における化学物質濃度の累積頻度分布を図1～4に示す。ホルムアルデヒドでは、指針値0.08ppmを上回った割合は68%であり、平成12年に東北地区の一般戸建て住宅を対象とした測定結果<sup>9)</sup>と比較するとその割合は約2倍程度高い結果となった。アセトアルデヒドでは、指針値0.03ppmを上回った割合は79%であった。VOCについては、トルエンでは指針値260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った割合は11%であり、エチルベンゼン、キシレンは指針値を超えて検出された測定室はなく、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドのカルボニル化合物と比較するとその割合は小さかったが、総量であるTVOCについてみると、暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った割合は61%と高かった。

#### (3) 築年数と化学物質濃度の関係

平成12～15年度までの調査対象住宅延べ77軒の築年数と化学物質濃度の関係について図5～図8に示す。ホルムアルデヒドについては、全体として築後・リフォーム後年数の経過に伴い濃度が減少していく傾向はみられなかった。しかし、厚生労働省により室内濃度指針値が策定された1997年6月以前に竣工・リフォームした住宅と、以降に竣工・リフォームした住宅との指針値超過データ

の比率について $\chi^2$ 検定により比較した結果、指針値0.08ppmを超えたデータは、1997年6月以前の竣工・リフォーム住宅では60室中46室(77%)、1997年6月以降の竣工・リフォーム住宅では154室中96室(62%)と、その指針値超過の割合は1997年6月以降の竣工・リフォーム住宅の方が有意に少なかった。これは、指針値策定に前後し、建材や接着剤の「低ホルム化」が浸透してきたためだと考えられる。アセトアルデヒドについては、全体として築後・リフォーム後年数の経過に伴い濃度が減少する傾向はみられず、築後・リフォーム後年数による濃度のばらつきが非常に大きかった。トルエンについては、築後・リフォーム後の年数の経過が少ない住宅で濃度が高い傾向が顕著にみられた。室内濃度指針値260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えたデータ16室はいずれも、築後・リフォーム後年数が3年未満であった。TVOCについては、衣類用防虫剤の使用によりp-ジクロロベンゼン濃度が非常に高かったデータを考慮すると概ね築後・リフォーム後年数の経過に伴い濃度が減少していくという傾向がみられた。

追跡調査を実施した住宅における15軒(44室)のカルボニル化合物とVOCの濃度変化について、図9に示す。追跡調査は初回調査から毎年調査した住宅もあれば、1年後のみ実施した住宅もあるため、経年による濃度変化の指標として、濃度増減率(その住宅の初回調査時と最終調査時の濃度の差をその期間の年数で割った値)を用いた。いずれの物質においても、平均濃度増減率は負の値となり1年経過するにあたり濃度は減少する結果となったが、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドのカルボニル化合物は、濃度の増加側にもひろく分布しており一概に濃度が減少する傾向があるとはいえない。一方、VOCについてはどの化学種においても概ね濃度の減少側に分布しており、濃度が減少する傾向があると考えられる。しかし、濃度の減少率には化学種毎に程度の違いがみられた。

#### (4) 換気量と化学物質濃度の関係

換気量測定を実施した住宅延べ14軒(41室)における換気回数と化学物質濃度の関係について、図10～図13に示す。なお、換気回数は測定室における外気導入量から算出した値である。築年数の経過による濃度減衰の影響が少ないホルムアルデヒドでは、換気回数が増えるに

つれて各換気回数における最大濃度は減少していく傾向がみられた。しかし、アセトアルデヒド、トルエン、TVOCではこのような傾向はみられなかった。トルエン、TVOCは築年数の経過による濃度減衰の影響を受けている可能性が考えられる。アセトアルデヒドは築年数の経過による濃度減衰の影響が比較的少ないため、ホルムアルデヒドと同様の傾向がみられると考えられたが、そのような傾向はみられなかった。また、第3種機械換気システムの場合には、設計換気0.5回/hを満たしているにもかかわらず、指針値・目標値を上回っているデータがみられた。第3種機械換気は、室内が負圧になるため、給気口以外の躯体内部が気流経路となり、構造材等からの汚染を室内に招き入れている可能性が懸念される。

## 2. 健康状態に関する調査結果

### 2.1 症状有症率

平成12年度から15年度調査対象住宅52軒の居住者214名のうち、アンケート回答の得られた154名の症状の有訴率を図14に示す。なお、QEESI問診票による症状の項目において、1点以上を症状有り、0点を症状なしとして有訴率を求めた。最も有訴率が高かった症状は結膜・粘膜刺激症状であり、皮膚症状、腹部・消化器症状が続いており、いずれも6割以上であった。

### 2.2 化学物質濃度と発症リスクの関係

化学物質濃度と健康状態の関係を単変量ロジスティック回帰分析により検討し、化学物質濃度が基準値を上回ることによる症状の発症リスク（オッズ比）を算出した結果を表4に示す。なお、表5に示すとおり化学物質の濃度には、カルボニル化合物については、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを対象とし、濃度の基準値には厚生労働省による室内濃度指針値を用い、VOCについては、化学種毎を対象とし、濃度の基準値にはScifertにより提案されているWHOヨーロッパによるVOCの長期曝露に関するガイドライン値を用いた。脂肪族炭化水素類、ハロゲン化炭化水素類、ケトン類については、濃度が基準値を超過することによって「思考能力障害」、「筋肉・関節障害」、「腹部・消化器症状」、「心臓・胸部症状」などの発症を引き起こす可能性を示唆する結果を得た。さらに、個人差による影響を考慮し、表6に示す性別、年齢、アレルギー疾患歴、化学物質に対する過敏性の個人

属性毎に分類して検討を行った結果を表7～表14に示す。男性およびアレルギー疾患歴のある居住者は、化学物質が基準値を超過することにより多症状の発症が引き起こされる可能性が示唆された。また、筋肉・関節症状、結膜・粘膜刺激症状などは、多物質によって発症が引き起こされる可能性が示唆された。唯一、アセトアルデヒドだけは、個人属性に関わらず、今回の基準値 $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過することと発症との間に有意な関連は認められなかった。よって、発症を引き起こすラインは、より低濃度あるいは高濃度に存在する可能性が考えられる。

## 3. 平成15年度調査事例

以下、平成15年度の調査に参加した住宅のうち、複数年に渡り継続的に経過観察を行っている7軒の事例について示す。

### 3.1 UT邸（図15、図16）

①住宅概要：平成10年4月に竣工した木造戸建住宅（在来軸組工法）に入居。換気設備として全室24時間機械換気システム（セントラル給排気システム）を採用。C値は、 $0.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。防蟻・防蟻処理材使用、施工時現場塗布あり。入居に際し、ベッドや学習机を購入。

②実測調査時期：平成12年7月、平成13年10月、平成15年8月

③主発症者：10歳未満男児

④既往歴：なし

⑤家族歴：母親にアレルギー性結膜炎。兄に湿疹。

⑥症例経過：入居後誕生（築7ヶ月時）。生後まもなくから咳がひどい状態であった。現在は麦門冬湯の処方により症状は軽快してきている。また、兄は前住居より湿疹の症状が継続している。

⑦実測結果：築2年3ヶ月（平成12年7月）の初回調査では、ホルムアルデヒドが1F居間、2F寝室の測定でそれぞれ0.02ppm、0.05ppmであり、指針値0.08ppmよりも低かった。VOCについては、p-ジクロロベンゼンの濃度が1F居間、1F寝室ともに $650\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後と、指針値 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。その他、 $\alpha$ ピネンの濃度が1F居間が $2140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2F寝室が $929\mu\text{g}/\text{m}^3$ と非常に高く、TVOCは1F居間では $6000\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。検出物質数が多く、また、未同定物質の濃度がTVOCの4分の1から3分の1を占めていた。この結果をうけて、衣類用防虫剤

の使用を中止したところ、その後の調査では、p-ジクロロベンゼンの濃度は指針値以下に低減した。平成13年10月の調査時にはVOCの濃度はかなり低減したが、平成15年8月の調査時には濃度の上昇がみられ、依然として暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく超えている。特にTVOCに占める未同定物質の割合がさらに大きくなっていることから、日常生活用品に含まれる化学物質等による影響が考えられる。カルボニル化合物については、ホルムアルデヒドは初回調査時よりも濃度が上昇し、指針値8ppmの2倍以上の濃度となっている。平成13年10月に実施した換気量測定の結果から、住宅全体の換気回数は0.22回と、設計換気回数0.5回の半分程度の能力しかなく、換気量不足のため、濃度の低減が滞っている状況が懸念される。

⑧検診結果：平成16年2月に臨床検査に参加。診察による所見からは、特に異常はみられなかった。兄が平成13年7月の臨床検査に参加し、瞳孔反応と、脳内血流状態の測定で異常がみられた。

⑧総括：室内化学物質濃度の変動と問診票による症状の変動に同様の増減傾向がみられることから、居住環境による化学物質の汚染が健康に影響を及ぼしている可能性があり、シックハウス症候群が疑われる。現状では、濃度の低減があまりみられないことから、換気システムの修繕等の対策を講じる必要があると思われる。

### 3. 2 TK邸 (図17、図18)

①住宅概要：平成12年2月に竣工した木造戸建住宅(木質パネル工法)で、完成直後に入居。換気設備として全室24時間機械換気システム(セントラル給排気システム)を採用。C値は $1.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。防腐・防蟻処理材使用。入居に際し、リビングのテーブル、ダイニングテーブル等、様々な家具を購入。平成14年9月にシックハウス対策で壁面・天井面の内装をビニールクロスから左官材へ改修。

②実測調査時期：平成12年5月、平成14年10月、平成15年8月

③主発症者：10歳未満男児

④既往歴：季節の変わり目に軽いアトピー(0~5歳)、平成13年1月に蕁麻疹

⑤家族歴：母親に花粉症

⑥症例経過：平成12年2月(当時5歳)に当該住宅に転居。転居直後より湿疹やかゆみなどの症状が発現。湿疹

は口の周りから顔全体、四肢、背部へと拡がり、特に暖房中に絨毯の上で寝ると急激に悪化する。気管支喘息・喘鳴も頻発。家の中ではだるそうにしていることが多いが家を離れると症状は改善する。特に暖房機(蓄熱式)運転時に体調が悪くなるとがあり、窓開け換気を行うようになって、症状が和らぐ。平成14年9月に実施した改修後、症状は軽減し、発疹もみられなくなった。他の家族では転居後しばらくの間、母親、姉が眠気、目の刺激、頭痛、催涙等の症状が訴えていた。

⑦実測結果：転居3ヶ月後(平成12年5月)の室内化学物質濃度測定では、1F居間、2F寝室の測定でホルムアルデヒド濃度がそれぞれ0.04ppm、0.09ppm(指針値0.08ppm)、アセトアルデヒド濃度が0.03ppm、0.16ppm(指針値0.03ppm)であり、2F寝室において両物質とも指針値を上回っていた。個々のVOCでは、トルエン濃度が $792\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $466\mu\text{g}/\text{m}^3$ (指針値 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、p-ジクロロベンゼン濃度が $33\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $199\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、TVOC値が $11300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $4100\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、トルエン、TVOCが厚生労働省の指針値、暫定目標値を上回った。その他にもジクロロメタン(居間： $5024\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、 $\alpha$ -ピネン(居間： $1030\mu\text{g}/\text{m}^3$ )といった物質の濃度が高かった。化学物質の発生源として建材一般が疑われたが、さらに、調査員が刺激臭を感じた建具、家具類からの発生も考えられた。その後、シックハウス対策の為の改修を実施し、その1ヶ月後(平成14年10月)の測定では、VOCについては、居住者の持ち込み(衣類用防虫剤)の影響によりp-ジクロロベンゼンの濃度が高くなった他は、ほぼ全ての測定対象物質で濃度の低減を認め、平成15年8月の調査では、TVOCは初回調査時の10分の1以下にまで低減した。しかし、カルボニル化合物の濃度は上下に変動をしており、依然濃度の低減は明確にはみられない。換気量の測定(平成14年10月)では、全体としては0.52回/hと設計換気回数(0.5回/h)を上回ったが、1F0.75回/h・2F0.15回/hと上下階のバランスが悪い。

⑧検診結果：発症後のアレルギー検査でイネ科で陽性。平成12年8月に臨床検査に参加し、眼球運動検査で異常が認められ、滑動性追従運動の際、階段状の動き(stair case pattern)や一部に衝撃性眼球運動(slight saccadic mixture)が混入しており、中枢神経異常の可能性が示唆された。その他の検査項目は小児であるため保留。臨床諸症状改

善後の平成15年3月に再検査を行い、ほぼ全ての検査項目で正常。

⑨総括：小児であるため他覚的臨床検査による判定は保留であったが、高濃度のVOCへの曝露が発症者の健康状態悪化に影響したものと考えられる。現在、一部濃度が高めの物質があるが、全体的には初期より大幅に低減し、初期に最もひどかった発疹、外陰部のかゆみ等の諸症状はほぼ軽快した。

### 3.3 OK邸 (図19、図20)

①住宅概要：平成11年11月に竣工した木造戸建住宅(枠組壁工法)に入居。換気設備として、全室24時間機械換気システム(セントラル排気システム)を採用。C値は $0.5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。床下防蟻シート、防腐・防蟻処理材使用、施工時現場塗布あり。

②実測調査時期：平成13年8月、平成15年8月

③主発症者：10代男児

④既往歴：アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎、花粉症

⑤家族歴：母親に自己免疫疾患

⑥症例経過：平成11年11月(当時8歳)に当該住宅に転居。なおいに対して敏感に反応するようになる。特に車の排気ガスやガソリン臭等に過敏反応を示すようになり、タバコの煙や香水等に曝露すると具合が悪くなるようになった。母親からは転居当初収納部でにおいが強く頭がくらくらしたとの申告があった。転居後より花粉症の症状が悪化。現在花粉症については薬により治療中。

⑦実測結果：転居1年9ヶ月後(平成13年8月)の室内化学物質濃度測定では、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに指針値を大きく超えて検出された。個々のVOCでは2F寝室でp-ジクロロベンゼンの濃度が指針値 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。TVOCも全室で目標値の2倍以上の値であった。その2年後の平成15年8月の調査では、ほぼ全ての物質で濃度の低減が認められ、p-ジクロロベンゼンは指針値以下となり、TVOCも暫定目標値以下となった。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドも濃度は低くなったが、依然指針値を上回っている。また、床下ではクロルピリホスが $0.21\mu\text{g}/\text{m}^3$ で検出された。平成13年8月の換気量の測定結果は、機械換気設備のみでは換気回数0.32回/hであり、設計換気回数(0.5回/h)を満たしておらず十分とはいえない。

⑧検診結果：平成13年7月の臨床検査に参加。脳内血流状態の測定で軽度の異常所見がみられた。

⑨総括：入居後の体調の変化としては、著しいものではないが、入居時に高濃度の化学物質に曝露したことが発症者の健康に影響を及ぼしたと考えられる。現在もカルボニル化合物の濃度が高く、症状に関しては、問診票により頭痛や思考能力(集中度・記憶力・決断力の低下、無気力感等)の申告値が大きくなっていることから、今後も環境への配慮が必要と考えられる。

### 3.4 KH邸 (図21、図22)

①住宅概要：平成13年3月に竣工した木造戸建住宅(在来軸組工法)に入居。C値は $2.8\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。防腐・防蟻処理材使用、施工時床下に防蟻剤散布あり。入居に際し、食器棚や茶箆筒等を購入。

②実測調査時期：平成13年9月、平成14年8月、平成15年8月

③主発症者：30代女性

④既往歴：じんましん

⑤家族歴：長女にアレルギー性鼻炎、長男に気管支喘息、両名に食物アレルギー(卵、牛乳)

⑥症例経過：平成13年3月に転居し、その1ヶ月後頃から、室内にいると頭がぼーっとしたり、イライラするようになった。特に、1Fの和室(防虫畳使用)での症状がひどく、ツーンとするような頭の痛みや頭重感がおこる。また、室温が高くなると頭痛がひどくなる。現在も継続して頭痛、イライラ感の訴えがある。長女は、転居当初鼻血が頻発していた。また、長男は喘息、鼻水が出るという症状が継続的に続いている。

⑦実測結果：転居後6ヶ月時(平成13年9月)の室内化学物質濃度測定では、一部の部屋で、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドが指針値を超える値で検出された。個々のVOCでは指針値を超過する物質はなかったが、1F和室では、未同定の物質が多くTVOCが目標値の2倍以上の濃度であった。約1年後の平成14年の調査では測定時の換気を全く行わなかったこともあるが、VOCの濃度が前年よりも高くなっていた。さらに1年後の調査(平成15年8月)の調査では、カルボニル化合物については、ホルムアルデヒドが2F子供室中央で、アセトアルデヒド濃度が1F居間、2F子供室中央でそれぞれ指針値を上回って検出されものの、過去2回の測定結果と比較してみ

ると、概ね濃度が低減している傾向がみられた。VOCについては、目立って濃度が高い物質は確認されず、総量であるTVOCをみても全測定室で暫定目標値を下回る結果となった。また、1階和室においては、初回、2回目の調査で、有機リン系化合物のフェニトロチオン、フェノールカルブが微量に検出されている。

⑧検診結果：不参加。

⑨総括：以上より、特に1F和室において化学物質の濃度が高く、特定は難しいが何らかの物質に反応して症状が誘発されているシックハウス症候群と疑われた。カルボニル化合物、VOCの濃度は低減傾向にあるが、未同定物質が多く、それ以外にも有機リン系化合物等が検出されていたため、引き続き環境への配慮を行う必要がある。

### 3.5 ST邸（図23、図24）

①住宅概要：平成9年9月に竣工した木造戸建住宅（枠組壁工法）。換気設備として全室24時間機械換気システム（セントラル排気システム）を採用。C値は $1.3\text{ cm}^2/\text{m}^2$ 。防腐・防蟻処理材使用、施工時には現場塗布あり。壁紙および壁紙用接着剤はノンホルマリン系のものを使用。白蟻駆除剤は低有機リンタイプのものを使用。

②実測調査時期：平成12年8月、平成13年9月、平成15年9月

③主発症者：40代女性

④既往歴：アトピー性皮膚炎、花粉症

⑤家族歴：長男に喘息、アトピー性皮膚炎、花粉症

⑥症例の経過：平成9年9月に竣工後、10月に新築住宅に転居。入居半年後くらいから、在宅時に肩こりや腰痛といった症状が現れ始め、現在までその症状は続いている。においに敏感になったり、くしゃみが出やすかったり、喉を痛めやすくなった。対策として、換気の励行と、家具を購入する際に細心の注意を払ったりしている。

⑦実測結果：転居約3年後（平成12年8月）の調査時にはノンホルマリン系の壁紙および接着剤等を使用していたにもかかわらず、ホルムアルデヒド濃度が1F居間0.10ppm、2F寝室0.10ppm、2F子供部屋0.27ppmで厚生労働省の指針値0.08ppmを上回った。アセトアルデヒド濃度も1F居間0.06ppm、2F寝室0.06ppm、2F子供部屋0.10ppmで指針値0.03を大きく上回った。個々のVOCでは特に高濃度の物質は検出されず、TVOC値は1F居間 $84\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2F寝室 $117\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2F子供部屋 $231\mu\text{g}/\text{m}^3$ と

厚生労働省の暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった。調査後に換気の励行と持ち込み家具への注意を指示した。それ以降、平成15年9月の調査時には、測定した全ての居室でホルムアルデヒドの濃度が指針値0.08ppm以下となったが、アセトアルデヒドの濃度は依然として全測定室で指針値0.03ppmを上回っている。有機リン系化合物は、2回目調査時（平成13年9月）には、何も検出されなかったが、3回目調査時（平成15年9月）には、クロルピリホスが1F居間 $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、床下 $0.02\mu\text{g}/\text{m}^3$ で検出。

⑧検診結果：平成12年8月および平成13年7月の臨床検査に参加。滑動性追従運動検査の結果から、母親と長男には衝撃性眼球運動（かたつき）が混入していた。父親は甲状腺性上方視麻痺がみられた。

⑨総括：母親は入居後から肩こりや腰痛の症状が現れ、長男はもともと患っていた喘息が悪化したことから、新築住宅（当時）に入居したことにより、化学物質に曝露し、健康被害が生じたものと考えられる。現在もカルボニル化合物の濃度が高く、長男は症状が落ち着いているものの、母親は依然として症状が持続あるいは悪化しているため、引き続き環境への配慮を行う必要がある。

### 3.6 MH邸（図25、図26）

①住宅概要：平成10年3月に竣工した木造戸建住宅（枠組壁工法）。換気設備として全室24時間機械換気システム（セントラル排気システム）を採用。C値は $2.7\text{ cm}^2/\text{m}^2$ 。防腐・防蟻処理材使用、施工時には現場塗布あり。壁紙にはノンホルマリン系の接着剤を使用。床材には当時のF<sub>1</sub>規格の合板を使用。

②実測調査時期：平成12年7月、平成13年8月、平成14年8月、平成15年10月

③主発症者：40代女性

④既往歴：花粉症、ブタクサアレルギー

⑤家族歴：息子（長男）に喘息、アレルギー性鼻炎

⑥症例の経過：平成10年3月に竣工直後の新築住宅に転居。入居直後より、様々な体調不良症状（眼精疲労、肩こり、倦怠感等）を訴える。症状は平成13年頃まで持続したが、現在は改善。同居家族では長男が季節的な喘息を発症していたが、平成11年9月に呼吸できなくなるほどの大きな発作を起こし、研究協力医療機関に入院。平成12年9月にも発作を起こし、吸入加療を行っている。その後、気管支拡張剤の服用で喘息様症状は治まったが、

鼻水・鼻血がよく出る症状が一時期持続した。換気の励行と食事療法に努め、平成13年以降はそれらの症状はほぼ改善。

⑦実測結果：転居2年4ヶ月後（平成12年7月）の調査時にはノンホルマリン系の接着剤等を使用していたにもかかわらず、ホルムアルデヒド濃度が1F居間0.12ppm、2F和室0.14ppmで厚生労働省の指針値0.08ppmをやや上回った。個々のVOCでは1F和室のトルエン濃度が248 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は下回ったがやや高めの値を示し、p-ジクロロベンゼン濃度は725 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。TVOC値は1F居間882 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1F寝室3636 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と厚生労働省の暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく上回り、新築当初は更に高濃度であった可能性が考えられた。調査後に換気の励行と和室における衣類用防虫剤の使用制限を指示した。それ以降の調査では、VOCは徐々に減衰し、平成15年10月の調査時には測定した全ての居室でTVOCの濃度が暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。カルボニル化合物については、その後数年は濃度の低減はほとんど見られなかったが、平成15年10月の調査時（転居後5年7ヶ月）には、指針値以下の濃度に至った。有機リン系化合物は床下でクロルピリホスが濃度0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で検出。平成13年8月の換気量の測定結果は、機械換気設備のみでは換気回数0.3回/hであったが、平成15年10月の時には0.46回/hであった。

⑧検診結果：平成12年8月に臨床検査に参加。眼球運動検査で滑動性追従運動（水平方向）に階段状の動きがみられ、上方視が困難であった。また、四肢の反射亢進が認められ、NIRSによる頭位変換試験で軽度の異常所見がみられた。長男は検診不参加。

⑨総括：調査時には比較的症状が落ち着いていたが、発症の経緯から、新築時の高濃度の化学物質への曝露が体調不良に影響を及ぼした可能性があり、シックハウス症候群が疑われた。長男の喘息様症状は転居以前からのものであるが、転居後に著しく悪化したため、化学物質への曝露が症状に関与した可能性がある。両名とも調査を追うに従い快方に向かっている。

### 3.7 KK邸（図27、図28）

①住宅概要：平成5年に竣工した木造戸建住宅（枠組壁工法）に入居。換気設備として全室24時間機械換気システム（セントラル給排気システム）を採用。C値は

1.7 $\text{cm}^2/\text{m}^2$ 。平成9年、平成13年9月にシックハウス対策のために改修工事を実施。また、平成15年9月に新たに換気扇の設置と空気清浄機を導入。

②実測調査時期：平成12年8月、平成13年9月、平成14年10月、平成15年10月

③主発症者：40代男性

④既往歴：19歳頃から花粉症（キク科植物アレルギー）、アレルギー性結膜炎、アレルギー性鼻炎

⑤家族歴：妻と子供5名にアトピー性皮膚炎、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎等

⑥症例の経過：平成5年に竣工し7月に転居（入居までに2週間）。接着剤や畳の防虫剤、白蟻駆除剤等から発生する化学物質により健康被害が引き起こされる事を知っていたため、対策を業者に依頼していたが、その他の建材についてまでは考慮しなかった。入居後から、2F寝室や書斎で頭痛、苛立ち、目の痛み等の症状に悩まされるようになり、子供らにもアトピー性皮膚炎やアレルギー性鼻炎の悪化、喘息発作の発現、花粉症の発症、視力減退等の諸症状がみられるようになったため、原因として空気汚染を疑うようになった。平成9年に自身でガス検知管による測定を実施したところ、ホルムアルデヒドが高濃度で検出された。以後、様々なシックハウス対策を敢行している。平成9年に、2F子供部屋の内装壁紙の貼替、家の床材内装合板を無垢材へ張替という改修工事を行い、汚染発生源と疑われる家具の廃棄もしくは化学物質の放散を抑える塗料の塗布を実施した。さらに平成13年9月に居室壁面に多孔質セラミックスタイルを設置した。症状の経過をみると皮膚症状や腹部・消化器症状の症状は良化してきているが、頭痛や神経症状は持続している。

⑦実測結果：平成9年に居住者指針で実施したガス検知管による測定でホルムアルデヒド濃度を測定したところ、0.5ppmという高濃度であったという。転居7年後（平成12年8月）の調査では、築年数がある程度経過し、シックハウス対策の改修も実施していたにもかかわらず、ホルムアルデヒド濃度が1F居間で0.14ppm、2F子供部屋で0.20ppmと厚生労働省の指針値0.08ppmを上回っていた。アセトアルデヒド濃度についても指針値の3倍程度の値で検出された。VOCは個々の物質では指針値以下であったが、検出物質数が多く、TVOCでは、厚生労働省によ



る暫定目標値  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を上回った。その後の1年毎に追跡調査を実施した結果、平成14年10月の調査時までにはTVOC値は暫定目標値前後にまで下がった。しかし、カルボニル化合物については改善が認められなかった。平成13年9月に換気量測定を実施したところ、換気扇の風量設定を「強」にしているにも関わらず、住宅全体での換気回数が0.2回/h (1F0.27回/h、2F0.15回/h) と非常に小さく、換気設備が所期の性能をほとんど満たしていなかったことが判明した。よって居住者は、新築時より、換気不足でかなり高濃度な環境に継続して曝露してしまった可能性がある。この結果を受けて、平成15年9月に各居室に熱交換器付き換気扇を設置し、運転させたところ、その1ヶ月後の平成15年10月の調査では、カルボニル化合物の濃度は大幅に減衰し、ホルムアルデヒドは指針値以下にまで下がった。

⑧検診結果：平成12年8月に臨床検査に参加。眼球運動検査で眼振性追従がみられ、NIRSによる頭位変換試験・起立試験で軽度の異常所見がみられた。その他の検査項目は正常であった。次女が平成14年7月にNIRSによるガス負荷試験を行ったところホルムアルデヒド吸入後の起立試験で $\text{O}_2\text{Hb}$ の低下がみられた。平成16年2月の臨床検査には、長男と次男が参加し、両名とも眼球運動に軽度以上がみられた。

⑨総括：以上より、ホルムアルデヒド・VOCによるシックハウス症候群と診断した。家族とも神経症状の持続が認められるため、今後は住宅の空気環境の改善を維持するとともに、住宅外での化学物質曝露への配慮が必要であると考えられる。

#### 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環境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た。多くの事例でシックハウスの原因として、建材や家具または日常生活品に由来すると思われる汚染化学物質の発生と、換気が不十分・不適切な状況が認められた。本報における分析結果より、シックハウスと疑われる住宅において、共通している特徴や傾向をまとめると以下のようになる。

・ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの濃度が指針値

よりも高い住宅が多く、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼンのVOC各物質は指針値を超えるケースは少なかったが、VOCの総量であるTVOCについては、暫定目標値  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を上回るケースが半数以上であった。

・有機リン系化合物でについて測定を試みた結果、クロルピリホス、ダイアジノン、フェニトロチオン、フェノブカルブの4物質が検出されたが、いずれの濃度値も指針値と比較し、非常に低かった。床下防蟻処理剤としての使用が確認されている場合でも未検出の場合も多く、測定精度の検証が今後の課題と考えられた。

・フタル酸エステル類は、2軒4室で測定を実施した結果、4室全てでフタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチルが検出されたが、その濃度は指針値の100分の1以下のレベルであった。今後も測定対象数を増やして実態把握に努める必要がある。

・住宅の換気量の測定結果より、設計換気回数0.5回/hに達していない住宅がみられ、適切な設計施工ならびに運営維持が行われているか疑問が持たれた。また、第3種機械換気システムの場合には、設計換気0.5回/hを満たしているにもかかわらず、化学物質の濃度が指針値・目標値を上回っているデータが多くみられた。第3種機械換気は、室内が負圧になり易いため、給気口以外の躯体内部が気流経路となり、構造物等からの汚染を室内に引き入れている可能性が懸念された。

・患者の症状としては、多種多様な訴えがあるが、気管粘膜症状や皮膚症状の訴えが多かった。筋肉・関節痛、認識障害、情緒障害、神経障害といった身体の中核を司る部分については、強い自覚症状を訴える患者の半数以上が、転居後ある程度の年数を経過した住宅の居住者であった。従って、こうした症状は持続する可能性が強いと思われた。

・事例調査の結果より、複数年にわたって化学物質濃度の推移を追跡調査出来た事例から、①カルボニル化合物の物質は年数の経過に伴う濃度の減衰が明確にみられないのに対し、おおよそそのVOCについては、経年による減衰傾向が顕著であること。②長期間にわたって化学物質に曝露した例や重症事例を除けば、住環境の改善、治療（投薬や食事療法）により、病状の改善が見られること

が確認された。

シックハウスによる居住者の症状の程度や許容できる化学物質の濃度には個人差があり、評価対象とすべき化学物質の種類も多いことが問題を難しくしているが、今後により詳細な調査を実施し、発症者の症状を誘因する化学物質の推定を行い、症例の経過および化学物質曝露の経緯を併せて検討していく必要がある。

汚染の実態と発生メカニズムを解明していくために、今後は、化学物質の経時変化の様子について明らかにし、有機リン系化合物やフタル酸エステル類の微量化学物質の測定事例を増やして検討していく予定である。

#### E. 研究発表

- 1) 吉野博、天野健太郎、飯田望、松本麻里、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、石川哲：シックハウスにおける居住環境の実態と健康に関する調査研究、日本建築学会計画系論文集、2003年5月、No.567、pp.57-64
- 2) Kentaro Amano, Hiroshi Yoshino, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Nozomi Iida, Mari Matsumoto, Noritaka Suzuki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, and Satoshi Ishikawa : Field Survey of Indoor Chemical Pollution and Health Hazards in Sick Houses. *Healthy Buildings 2003*, December 2003, Volume 3, pp.54-59
- 3) Hiroshi Yoshino, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kentaro Amano, Jun Wada, Nozomi Iida, Noritaka Suzuki, Mari Matsumoto : Study of ventilation performance and indoor air quality in eight sick houses. *Healthy Buildings 2003*, December 2003, Volume 3, pp.42-47
- 4) Hiroshi Yoshino, Kentaro Amano, Mari Matsumoto, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo and Satoshi Ishikawa : LONG-TERMED FIELD SURVEY OF INDOOR AIR QUALITY AND HEALTH HAZARD IN SICK HOUSES IN JAPAN, 7th Asia Pacific Conference on the Built Environment (Hong Kong SAR), November 2003, pp.(6-1)-(6-7)

表1 平成15年度室内化学物質濃度測定結果（カルボニル化合物、VOC）

対象物質	単位	室内濃度							厚生労働省による	
		データ数	平均値	中央値	最大値	最小値	検出率	指針値超過率	指針値*	
カルボニル化合物	ホルムアルデヒド	ppm	25	0.090	0.070	0.207	0.000	96.0%	44.0%	0.08
	アセトアルデヒド	ppm	23	0.043	0.039	0.161	0.000	87.0%	56.5%	0.03
脂肪族炭化水素	ヘキサン	μg/m <sup>3</sup>	26	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0%		
	iso-オクタン	μg/m <sup>3</sup>	26	0.2	<0.05	2.6	<0.05	7.7%		
	ヘプタン	μg/m <sup>3</sup>	25	2.0	<0.05	14.3	<0.05	40.0%		
	オクタン	μg/m <sup>3</sup>	26	9.2	5.3	97.9	<0.05	73.1%		
	ノナン	μg/m <sup>3</sup>	26	2.4	1.8	7.0	<0.05	61.5%		
	n-デカン	μg/m <sup>3</sup>	26	4.9	3.3	19.8	<0.05	69.2%		
	ウンデカン	μg/m <sup>3</sup>	26	3.0	2.5	16.1	<0.05	84.6%		
	ドデカン	μg/m <sup>3</sup>	26	2.6	<0.05	22.8	<0.05	34.6%		
	トリデカン	μg/m <sup>3</sup>	26	<0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0%		
	小計	μg/m <sup>3</sup>	26	24.3	13.3	161.9	<0.05	96.2%		
芳香族炭化水素	ベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0%		260
	トルエン	μg/m <sup>3</sup>	26	16.6	14.4	42.2	5.5	100.0%	0.0%	3800
	エチルベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	2.6	1.6	7.6	<0.05	73.1%	0.0%	870
	m,p-キシレン	μg/m <sup>3</sup>	26	3.2	2.5	9.5	<0.05	84.6%		
	o-キシレン	μg/m <sup>3</sup>	14	2.5	1.4	8.6	<0.05	57.1%		
	1,3,5-トリメチルベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	6.0	6.2	19.0	<0.05	69.2%		
	1,2,4-トリメチルベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	1.5	1.4	8.8	<0.05	57.7%		
	1,2,3-トリメチルベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	3.9	4.3	11.8	<0.05	84.6%		
小計	μg/m <sup>3</sup>	26	35.2	27.7	85.6	11.6	100.0%			
ハロゲン	ジクロロメタン	μg/m <sup>3</sup>	26	12.1	<0.05	181.1	<0.05	15.4%		
	トリクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	26	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0%		
	テトラクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	26	0.4	<0.05	10.4	<0.05	3.8%		
	p-ジクロロベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	26	26.4	11.1	138.7	<0.05	88.5%	0.0%	240
小計	μg/m <sup>3</sup>	26	38.9	12.2	192.2	<0.05	92.3%			
テルペン	2-ピネン	μg/m <sup>3</sup>	26	48.0	7.7	329.1	<0.05	84.6%		
	小計	μg/m <sup>3</sup>	26	48.0	7.7	329.1	<0.05	84.6%		
エステル	酢酸エチル	μg/m <sup>3</sup>	26	1.6	<0.05	17.8	<0.05	15.4%		
	酢酸ブチル	μg/m <sup>3</sup>	20	19.4	18.3	76.9	<0.05	95.0%		
	小計	μg/m <sup>3</sup>	26	16.5	17.0	76.9	<0.05	80.8%		
ケトン	メチルエチルケトン	μg/m <sup>3</sup>	0	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0%		
	メチルイソブチルケトン	μg/m <sup>3</sup>	26	0.1	<0.05	2.4	<0.05	3.8%		
	小計	μg/m <sup>3</sup>	26	0.1	<0.05	2.4	<0.05	3.8%		
アルコール	エタノール	μg/m <sup>3</sup>	26	2.1	0.3	9.8	<0.05	53.8%		
	1-ブタノール	μg/m <sup>3</sup>	26	1.2	<0.05	5.6	<0.05	34.6%		
	小計	μg/m <sup>3</sup>	26	3.3	1.8	15.3	<0.05	61.5%		
同定物質合計	μg/m <sup>3</sup>	26	166.4	95.8	635.9	29.4	100.0%			
その他の同定物質	μg/m <sup>3</sup>	26	5.1	2.4	37.4	<0.05	57.7%			
未同定物質	μg/m <sup>3</sup>	26	184.2	35.3	1308.3	3.6	100.0%			
TVOC	μg/m <sup>3</sup>	26	355.6	127.7	1863.2	41.3	100.0%	23.1%	400	

※平成16年1月現在（TVOCについては暫定目標値）

表2 平成15年度室内化学物質濃度測定結果（有機リン系化合物）

物質	室内				床下				検出下限	厚生労働省 指針値* (μg/m <sup>3</sup> )
	データ数	検出数	検出率 (%)	濃度域 (μg/m <sup>3</sup> )	データ数	検出数	検出率 (%)	濃度域 (μg/m <sup>3</sup> )		
クロルピリホス	7	2	28.6%	0.009~0.07	8	3	37.5%	0.005~0.21	0.005	1 (小児0.1)
ダイアジノン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	0.29
ジクロロポス	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	
フェニトロチオン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	
フェンチオン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	
ピリダフェンチオン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	
フェノブカルブ	7	0	0.0%		8	2	25.0%	0.006~0.025	0.005	33
シハトリン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	
ベルメトリン	7	0	0.0%		8	0	0.0%		0.005	

※平成16年1月現在

表3 平成15年度室内化学物質濃度測定結果（フタル酸エステル類）

物質	KY邸		SK邸		厚生労働省 指針値*
	居間	寝室	居間	寝室	
フタル酸ジ-n-ブチル	2.04	1.85	0.38	0.22	220
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.02	0.02	0.15	0.13	120
フタル酸ジメチル	0.05	0.01	0.05	0.03	
フタル酸ジエチル	0.72	0.15	0.39	0.17	
フタル酸ベンジル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
フタル酸ジオクチル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

※平成16年1月現在

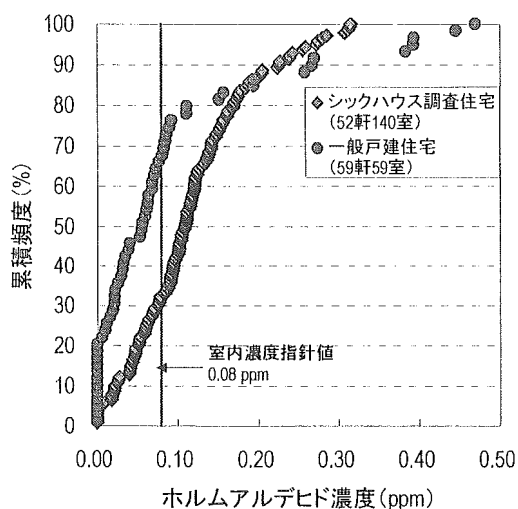


図1 ホルムアルデヒド濃度の累積頻度分布

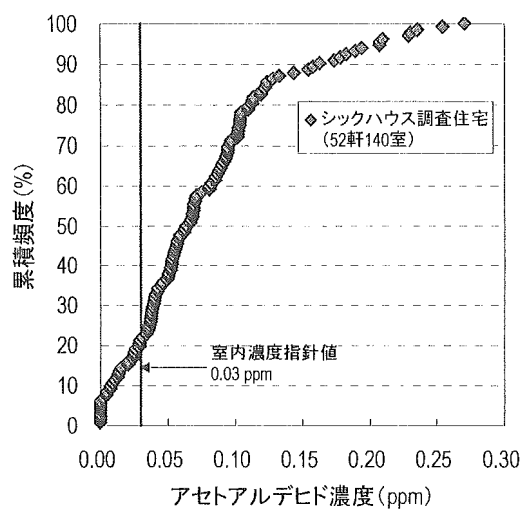


図2 アセトアルデヒド濃度の累積頻度分布

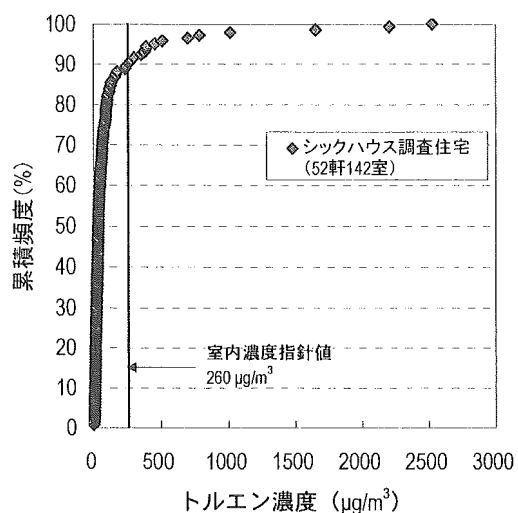


図3 トルエン濃度の累積頻度分布

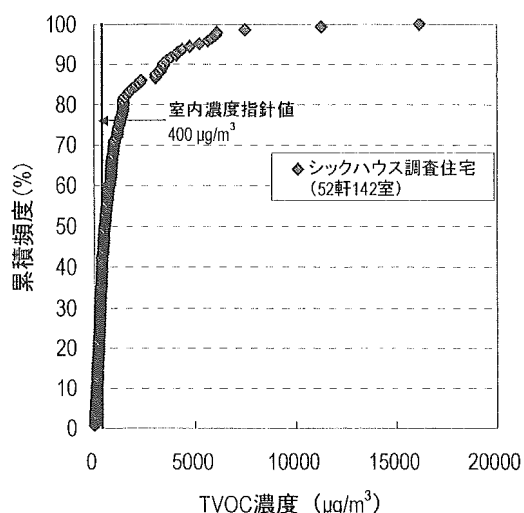


図4 TVOC濃度の累積頻度分布