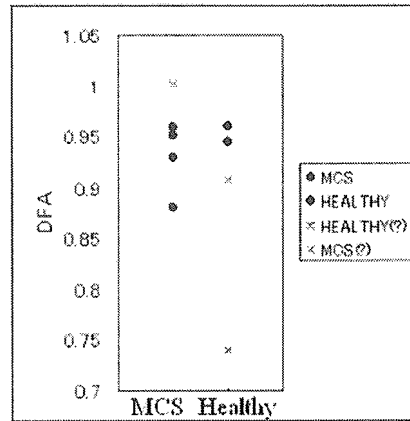
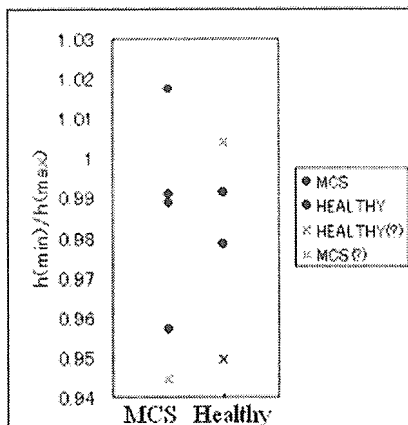


日中のデータ
→MCSの方が活動が続かず
すぐに休む傾向あり。

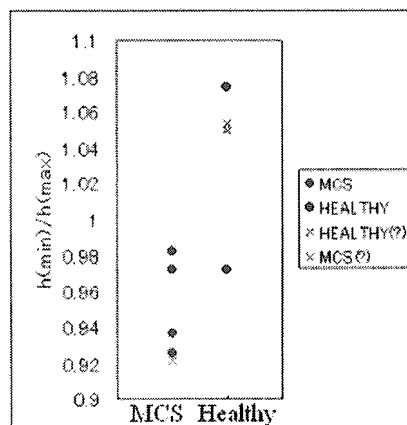


睡眠中のデータ
→はっきりとした特徴なし

**Fig.9 Detrended Fluctuation Analysis
による体動の解析**



日中のデータ
→はっきりとした特徴なし

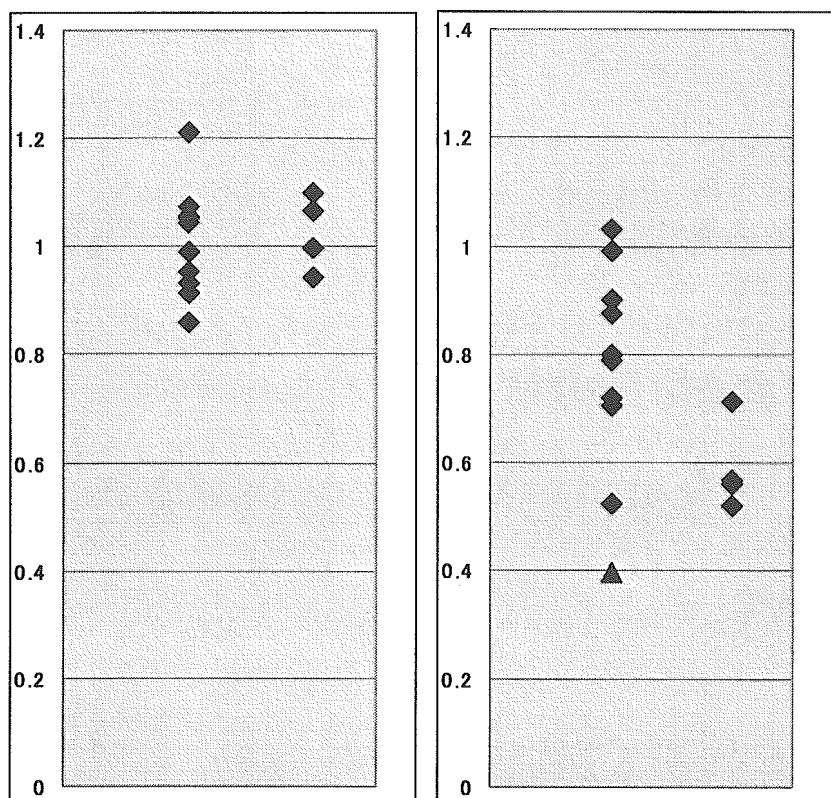


睡眠中のデータ
→動き出すとだらだら動いている
急に休止したまた急に動き出す

**Fig.10 Wavelet Transform Modulus Maxima
& Minimaによる体動の解析**

Fig.11 体動パターンの DFA 解析結果(研究2)

左の図が日中・右の図が睡眠中の結果で、いずれも左側が患者群。コントロール群(参考)では睡眠中にフラクタル指数 α の低下を認めるが、患者群ではその低下が少ない傾向を認めた。(図中△で表した患者はステロイド(プレドニン)内服中であり、体動パターンへの影響が疑われるため、今後解析から除外する方針)



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

分担研究者	吉野 博	（東北大学大学院工学研究科）
研究協力者	柁津紘司	（東北大学大学院工学研究科）
	吉田真理子	（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	（尚綱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	（北里研究所病院臨床環境医学センター）

研究要旨

2000 年から 2005 年の 6 年間にわたり、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。対象住宅の居住者の約半数（46%）が SHS に該当し、「SHS」「non-SHS」の 2 群間において住宅の化学物質濃度を比較した結果、「SHS」群の方がホルムアルデヒド、トルエン、p-ジクロロベンゼンなどの濃度が高かった。その後、内装材や換気設備に対策を実施した住宅では、経年に伴う化学物質濃度の減衰効果が顕著であり、その半数では室内環境の改善に伴い自覚症状や他覚的所見が快方へと向かった。ただし一部の住宅では、年齢の上昇とともに精神系トラブルへと悪化する児童の症例が観察されたことより、早期の治療および室内環境の清浄化が非常に重要であると言える。

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¹⁾。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、6年間の調査で得られたデータの解析結果、長期にわたって室内環境と症状の経過を追った事例について報告する。

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60軒（延べ97軒）を対象として実施した（表1）。そのうち21軒では追跡調査を行っており、その内訳は2ヶ年調査が12軒、3ヶ年調査が6軒、4ヶ年調査が1軒、6ヶ年調査が2軒となっている（表2）。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MCS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とした。調査対象住宅の建物・設備仕様の概要を図1に示す。全60軒中50軒が戸建住宅であり、うち47軒が木造である。12軒が測定前に住宅に対し何らかのリフォームを行っており、全体の2/3にあたる40軒が築後またはリフォーム後から測定までの年数が3年未満（そのうち1年未満は13軒）と、比較的新しい住宅が多い。換気システムについては、23軒において機械換気設備が設置されており、24時間常時運転を行っている。

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）、SVOC（クロルピリホス、フェノブカルブ等の有機リン・カルバメート系殺虫剤、全10物質）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）（写真1）²⁾³⁾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（柴田科学株製 Charcoal Tube Jumbo）（写真2）⁴⁾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（島津製作所株製 QP-5050）により定性・定量分析を行った。SVOCは、PS-Airカートリッジ（Waters社製）（写真3）⁵⁾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た。そして、アセトン10mlで溶媒抽出（0.5mlに濃縮）、GC/MS（Hewlett Packard社製 HP6890）に導入し、定性・定量分析を行った。測定点については、ホルムアルデヒドおよびVOCは住宅毎に室内3箇所（居間、寝室、その他症状が発現する部屋等1室）と住宅周辺外気の計4箇所において床上1.2mとし、SVOCは和室を中心とした居室、床下、外気において床上0.3mもしくは1.2mの位置で採取した（写真4）。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とSVOCは東北文化学園大学大学院健康社会システム研究科および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。詳細な測定・分析条件は表3に示す。

調査期間中の室内および室外の温度・湿度は小型温湿度データロガー（株）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5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、減圧法により測定した（写真6）。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 αA_I 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（写真7～8）。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）⁶⁾を使用した。測定の際には、注入したSF₆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SF₆の注入チュー

ブの分岐を行って、室内のSF₆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。

3. 住環境および健康状態に関するアンケート調査

室内環境調査と同時に、居住者に対して住環境と健康状態に関する2種類のアンケート調査を実施した。「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（表4）。「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（表5）。これはテキサス大学のMillerらが考案し⁷⁾、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^{8) 9)}。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。

4. 医師による他覚的臨床検査

一般に、SHS・MCS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、室内環境調査を行った住宅の居住者から希望者を募り、SHS・MCSを専門としている医師による診察と各種臨床検査を実施した（表6~7）。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脳内血流状態測定：近赤外線組織酸素モニター（NIRS：Near Infrared Spectroscopy）¹⁰⁾（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。前頭に照射・光検出プローブホルダを装着した状態で、安静時、頭位変換時（前屈、後屈、側屈）、起立試験時の3パターンにおいて脳内の血流量を測定し、酸化ヘモグロビンO₂Hbを判定に用いた。安静時の基線のゆらぎ（基線からの変動が1μmol未満：正常=0、1μmol以上：軽度異常=1、2μmol以上：異常=2）、頭位変換時の基線の変動（安静時と同様）、起立試験時の基線の変動（起立時にO₂Hbが基線に戻る、もしくは1μmol未満：正常=0、O₂Hbが基線に戻らず、1μmol以上：軽度異常=1、2μmol以上：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）。

③滑動性眼球追従運動検査：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。眼球運動全体の波形のうち何%が異常波形を示したか（サッケード率）により判定を行った。

④瞳孔反応検査：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（（測定値-平均値）/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¹¹⁾に従い、交感神経優位、副交感神経優位に分類した。

⑤重心動揺検査：重心動揺計グラフィコーダ（アニマ社製GS-11）¹²⁾を用いて、開眼および閉眼にてそれぞれ1分間記録を行った。評価に用いたのは、外周面積、総軌跡長、単位面積軌跡長（総軌跡長/外周面積）、ロンベルグ率（閉眼外周面積/開眼外周面積）、動揺中心変位の他、ニューラルネットワーク解析による健常・障害性の識別、神経障害を疑う要素識別では迷路障害性（末梢神経系）・脳障害性（中枢神経系）の割合についても検討した。

⑥視覚コントラスト感度の測定：壁掛け型のコントラスト感度測定器VCTS（Vision Contrast Test System）を使用し、視覚中枢の機能を反映しやすくとされる視覚空間周波数特性（MTF：Modulation Transfer Function）をもとに、各周波数（縞の幅）における視覚の感度を健常者の平均

値と比較した上で判定を行った¹³⁾。

⑦調節負荷による輻輳・瞳孔検査：イリスコーダ（浜松ホトニクス社製 TriRIS C9000）¹⁴⁾¹⁵⁾を使用した。測定は、イリスコーダにより測定中の瞳孔をモニター上で観察しながら瞳孔直径（縮瞳・散瞳）と眼球運動（輻輳・開散）を両眼同時にリアルタイムで行われた。

⑧心電図：交感神経・副交感神経の状態をフーリエ変換によりコンピューターで解析し、自律神経の状態を観察した。

2000年から2003年までは坂総合病院にて、2004年および2005年はかくたこども&アレルギークリニックにて、北里研究所臨床環境医学センター医師らの協力のもとに実施した。実施時期は2000年から2003年1回目までは夏季（7月）に、2003年2回目から2005年までは冬季（12～2月）に実施した。

C. 研究結果

1. 室内環境測定調査結果

1.1 化学物質濃度測定結果（全60軒）

2000～2005年対象住宅全60軒のホルムアルデヒドおよびVOC濃度の集計結果を表8に、累積頻度を図2～8にそれぞれ示す。代表値とは複数室測定したうちの最大値のことを表している。ホルムアルデヒドは82%、アセトアルデヒドは90%、TVOCは75%の住宅で厚生労働省指針値・暫定目標値を超過しており、健康被害の原因物質であることが考えられた。トルエンが指針値を超過した6軒はすべて築・リフォーム後年数が3年未満であり、p-ジクロロベンゼンが指針値を超過した12軒中8軒では衣類用防虫剤（うち5軒はp-ジクロロベンゼン系）の使用が確認された。

また、指針値物質についてその他の一般住宅を対象とした全国調査とを比較したものを表9に示す。比較に使用したのは、本研究室による東北地方の一般戸建住宅を対象とした調査¹⁶⁾、国土交通省などが組織した室内空気対策研究会・実態調査分科会による全国の一般住宅を対象とした調査¹⁷⁾、厚生労働省（旧厚生省）主導による全国の一般家屋の調査¹⁸⁾の3つとした。他調査との比較すると、本調査のホルムアルデヒドは、平均値で東北地方および国交省の1.5～2倍、超過率で2.5

～3倍であり、大きな差がみられる。アセトアルデヒドは、平均値で国交省の約6倍、超過率で9倍と、ホルムアルデヒドよりも大きな差がみられる。トルエンは、平均値で国交省および厚生省の1～1.5倍とやや大きい、超過率では国交省よりもやや小さい。シックハウス調査における外れ値の影響であると思われるが、大体同じ程度と言える。エチルベンゼンは、平均値で国交省および厚生省1～1.5倍であり、超過データがないのは国交省と共通である。トルエンと同様に、大体同じ程度と言える。キシレンは、平均値で国交省および厚生省1.2～2倍であり、超過率は0.1%の違いである。これも、大体同じ程度と言える。p-ジクロロベンゼンは、平均値で厚生省の約4倍であり、大きな差がみられる。TVOCは他調査では測定例がなかったので比較不可能であった。

SVOCについては、2001～2004年の4年間にわたって、有機リン系化合物7種類、カルバメート系3種類の計10物質を測定した。測定結果を表10に示す。測定対象は、延べ62軒126箇所（室内72室、床下49箇所、外気5箇所）となっている。ただし、年度により測定・分析方法が異なることに注意されたい。2006年1月現まで厚生労働省により室内濃度指針値および暫定値が公表されているのは、有機リン系化合物のダイアジノンとクロルピリホス、カルバメート系のフェノブカルブである。それぞれの検出数および検出率は、ダイアジノンが1箇所（1%）、クロルピリホスが8箇所（6%）、フェノブカルブが5箇所（5%）と非常に低く、濃度もすべて指針値を下回った。ただし、クロルピリホスは小児に対して成人の1/10の指針値が設定されているが、3箇所ではこの値を上回った。この3箇所はすべて床下で測定されたものであった。

以上から、本調査のシックハウスと疑われる住宅60軒は、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、p-ジクロロベンゼン、TVOCの4種類の濃度が高いことが1つの特徴であり、これらを中心とした室内空気汚染が健康被害の原因となっていることが疑われた。

1.2 換気量測定結果

換気量測定は全60軒中14軒において実施した。化学物質濃度を測定した居室は41室のデータを得ている。換気量測定を実施した住宅において、換気回数と化学物質濃度の関係を図9～10に示す。複数回測定を実施してい

る住宅があるが、ここでは初回の結果を採用している。換気回数が建築基準法で定められた基準 0.5 回/h を満たしたのは、測定を実施した 14 軒中 5 軒 (36%) であった。換気回数を部屋別に算出すると、換気回数が 0.5 回/h を満たしたのは、41 室中 6 室 (15%) のみであった。換気扇が付いているような台所・トイレ・浴室や、換気経路となりやすい廊下などで換気量が大きく、居室ではやや換気が不足していた。そのように換気が不足していた (換気回数: 0.5 回/h 未満の) 部屋では、ホルムアルデヒドや TVOC が高い濃度を示すケースがみられた。また、隙間相当面積とも組み合わせて考察すると、気密性が良く (= 隙間相当面積が小さく)、換気が不足している居室では濃度が高い傾向であった。

2. 居住者の自覚症状

2.1 SHS の定義

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、「non-SHS122 名」群とする。

2.2 SHS の個人属性と自覚症状

「SHS」群と「non-SHS」群の 2 群間において個人属性を比較 (t 検定もしくは χ^2 検定) した (図 11~14)。その結果、SHS 群の方が「女性が多い」、「年齢が低い」、「気管・粘膜アレルギー疾患の既往歴がある」、「皮膚アレルギー疾患の既往歴がある」といった特徴があった ($p < 0.05$)。

女性が多い理由としては、在宅時間が多いことが考えられる。低年齢が多い理由としては、成人よりも乳幼児の方が化学物質に対する許容量が少ないことが考えられる。ただし、小児科の医師からの依頼により本調査に至った住宅が多いことも影響している。気管・粘膜や皮膚アレルギー疾患の既往歴があるものが多かったのは、新築またはリフォーム住宅入居後にもともとあったアレルギー症状が悪化したケースが約半数を占めていたため、妥当な結果であると考えられる。

SHS 群、non-SHS (住宅以外) 群、non-SHS (健常者) 群の 3 群間の QEESI 症状点数を比較 (t 検定) した (図 15)。その結果、SHS 群と non-SHS 群の 2 群間では、10 症状および合計全てにおいて SHS 群の方が有意に点数が高かった ($p < 0.05$)。しかし、SHS 群と non-SHS (住宅以外) 群の 2 群間では、筋肉・関節症状、心臓・胸部症状、頭部症状、皮膚症状の 4 症状において有意な差はないという結果となった ($p < 0.05$)。このことから、上記 4 症状は、住宅以外が発症原因である場合も SHS と同様に高い点数を示す場合があることが示された。

2.3 化学物質濃度と自覚症状の関係

7 種類の化学物質の濃度と QEESI 問診票「症状」の合計点数との関係の散布図を図 16~22 にそれぞれ示す。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、p-ジクロロベンゼン、TVOC においては、指針値・暫定目標以下の比較的 low 濃度でも重度の症状を訴えている居住者がみられる。これらはすでに MCS になっていた可能性が高い。ホルムアルデヒドの場合、低濃度で重度の症状を訴えている居住者はアレルギー症状の悪化、高濃度で重度の症状を訴えている居住者は神経系の症状を訴えている傾向がみられた。

2.4 SHS と化学物質濃度の関係 (図 4)

SHS 群と non-SHS 群の 2 群間において指針値物質 7 種類の化学物質濃度を比較 (t 検定もしくは Wilcoxon の順位和検定) した (図 23)。その結果、「SHS」群の方が、アセトアルデヒド以外の 6 種類 (ホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、TVOC) の濃度が有意に高かった ($p < 0.05$)。以上より、

SHS 群の住宅ではアセトアルデヒド以外の指針値物質 6 種類の濃度が高く、これらの物質が健康被害の原因となっていることが疑われた。

3. 他覚的臨床検査

3.1 各種検査結果および MCS 判定

臨床検査には 6 年間の調査で 70 名、延べ 110 名の居住者（以下、検診者）が参加した。その内訳は男性が 29 名、女性が 41 名、平均年齢は初回調査時で 23.2 ± 15.9 才（4-69 才）である。24 名は複数回検診に参加した（2 回：14 名、3 回：7 名、4 回：1 名、5 回：1 名、6 回：1 名）。視覚周波特性（MTF）検査、眼球追従運動検査、瞳孔反応検査、重心動揺検査、調節・輻輳検査、神経反射試験、心電図、脳内血流状態測定（NIRO）の 8 種類の各種検査と、それらの各検査、診察、QEESI の結果をもとに医師が行った総合判定について、以下にそれぞれの結果（図 24）と考察を述べる。年度により検査項目が異なるため、合計が 70 名に達していない検査も存在する。複数回検査を受けた患者に関しては、初回に限らず一度でも異常と判定された場合、その検査は異常として集計を行った。

a) MTF 検査：全 37 名のうち 15 名（40.5%）が何らかの異常があると判定された。いずれも感度の低下がみられるが、感度の低下が認められる周波数は各検診者で異なり、1.2Hz から 18Hz までと非常に幅広く分布している。

b) 眼球運動検査：全 64 名のうち 53 名（82.8%）（異常：17 名、軽度異常：36 名）が何らかの異常があると判定された。今回は、眼球運動における階段状の変化「階段状波形」を異常とみなし、水平および垂直方向における眼球運動の異常を総合的に判定した。その他、眼球が対象物を追従する際にすっ飛ばす（ジャンプする）ように動いてしまう例（micro-saccades：がたつき、トルエン曝露により顕著）や、輻輳解除（いつも目が見開いている状態）などは軽度異常とした。内訳としては、水平方向よりも垂直方向の方で異常とされた例がやや多かった。

c) 瞳孔反応検査：全 65 名のうち 30 名（46.1%）（異常：27 名、軽度異常：3 名）が何らかの異常があると判定された。交感神経優位と判定された場合はトルエンなどの曝露を、副交感神経優位と判定された場合は有機リン系薬剤の曝露を受けている可能性がある。また、4 名は検査中に瞬きの混入や、固視不良であったため、判定するこ

とができなかった。瞬きが多いという行為は化学物質曝露による影響を示す特徴の一つとされているため、判定が保留であった検診者でも、交感神経ないし副交感神経に支障をきたしている可能性が考えられる。

d) 重心動揺検査：全 38 名のうち 26 名（68.4%）（異常：23 名、軽度異常：3 名）が何らかの異常があると判定された。ニューラルネットワーク解析による神経・感覚障害の要素識別では、異常者の約 1/3 が迷路障害性であり末梢神経系の異常が疑われ、約 2/3 が脳障害性であり中枢神経系の異常が疑われた。

e) 調節・輻輳検査：全 25 名のうち 14 名（56.0%）（異常：3 名、軽度異常：11 名）が何らかの異常があると判定された。具体例としては、輻輳や縮瞳反応が不安定、戻るときに縮瞳、調節性縮瞳が少ない、瞳孔が小さい、視野が定まらない、自覚近点が遠い、外斜位、下方視・眼瞼下垂ありなどがあった。

f) 神経反射試験：全 69 名のうち 31 名（44.9%）（異常：22 名、軽度異常：9 名）が何らかの異常があると判定された。具体例としては、上肢、膝、アキレス腱などで以上所見が認められ、病的反射では手袋、靴下型の知覚障害などがあった。

g) 心電図：全 50 名のうち 19 名（38.0%）が何らかの異常があると判定された。そのうち交感神経優位が 10 名、副交感神経優位が 7 名であり、他 2 はどちらかには定まらなかった。瞳孔反応と同様、交感神経優位の場合はトルエンなどの曝露を、副交感神経優位の場合は有機リン系薬剤の曝露を受けている可能性がある。

h) NIRO：全 70 名のうち 48 名（68.6%）（異常：27 名、軽度異常：21 名）が何らかの異常があると判定された。その内訳は、安静時に前頭もしくは後頭で O2Hb の低下が認められた例、起立時にどちらかで O2Hb の低下が認められた例がそれぞれ存在した。

i) MCS 総合判定：全 70 名のうち 54 名（77.1%）（異常：47 名、軽度異常：7 名）が何らかの異常があり、MCS の疑いがあると判定された。性別、年齢別では、20 歳以上の女性が最も異常ありと判定された割合が高かった（図 25）。以後、この総合判定で異常とされた 54 名を「MCS」群、正常とされた 16 名を「non-MCS」群とする。

QEESI 問診票による MCS 判定では、「非常に疑わしい」が 17 名（24.3%）、「疑わしい」が 16 名（22.9%）となり、

約半数の 33 名 (47.1%) が MCS の疑いがあるとされた (図 26)。QEESI 問診票の MCS 判定別に他覚的臨床検査の総合判定を比較したところ、最終的に他覚的臨床検査を経て MCS (軽度異常を含む) の疑いがあると診断されたのは、「非常に疑わしい」23 名中では 22 名 (95.7%)、「疑わしい」17 名中では 12 名 (70.6%)、自覚症状がない 30 名中では 20 名 (66.7%) であった (図 27)。「非常に疑わしい」と「疑わしい」を同じく扱うと、QEESI 問診票の結果と他覚的臨床検査の結果の一致率は、62.9% (70 名中 44 名) であった。

3.2 化学物質濃度と MCS の関係

3.1 で示した 8 つの各種検査および MCS 総合判定の合計 9 種類における「異常」と「正常」の 2 群間において、住宅の化学物質濃度を比較 (Wilcoxon の順位和検定) した (図 28~30)。総合判定については、「MCS」群の方が「non-MCS」群よりもホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレンの濃度が高かった ($p < 0.05$)。個別の検査では、重心動揺検査で「異常」群のホルムアルデヒド濃度が高く、NIRO で「異常」群のホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン濃度が高かった ($p < 0.05$)。よって、これらの化学物質濃度が神経系統に影響をもたらしており、他覚的臨床検査で異常所見が認められた原因であったことが疑われた。

SHS など自覚症状を訴えている居住者が、アンケートで自ら回答した自覚症状ではなく、他覚的検査法によっては異常があるかどうかを考察する。全 70 名中、住宅が発症原因であるものが 50 名 (71.4%)、住宅以外が発症原因であるものが 17 名 (24.3%)、特に症状がないものが 3 名 (4.3%) であった。自覚症状分類別に総合判定を比較した。最終判定で異常 (軽度異常を含む) と判断されたのは、住宅が原因である 50 名中では 39 名 (78.0%)、住宅以外が原因である 17 名中では 13 名 (76.5%)、自覚症状がない 3 名中では 2 名 (66.7%) であった。以下に各グループの特徴をまとめる。

A-a) 住宅が原因かつ異常判定者 (39 名) : SHS かつ MCS であり、住宅が原因で発症もしくはアレルギー症状などが悪化し MCS になってしまったケースや、もともと MCS でそこに新築やリフォームが重なり悪化したケース。

A-b) 住宅が原因かつ正常判定者 (11 名) : 発症もしくは

悪化したがまだ MCS までには至っていない比較的軽いケース。一部は、思い込みなど心理的要因によるケース。

B-a) 住宅以外が原因かつ異常判定者 (13 名) : 当該住宅以外の学校や職場での曝露や近隣殺虫剤等による影響で発症もしくは悪化し MCS になってしまったケース、もともと MCS でそこにそれらの曝露を受け悪化したケース、生まれつきアレルギー体質であり過去の曝露により MCS になってしまったケース。

B-b) 住宅以外が原因かつ正常判定者 (4 名) : 住宅以外で発症もしくは悪化したがまだ MCS までには至っていない比較的軽いケース。

C-a) 自覚症状無かつ異常判定者 (2 名) : 調査時点で自覚症状はないが、潜在的に MCS 体質であり、何らかの曝露により発症する恐れがあると考えられるケース。

C-b) 自覚症状無かつ正常判定者 (1 名) : 自覚的・他覚的にも異常がなく、化学物質に対する耐性が強いいため、何も生活に支障がないケース。

4. シックハウス対策の効果に関する検証

4.1 化学物質濃度の経年変化

21 軒においては継続的に複数回 (2 ヶ年 : 12 軒、3 ヶ年 : 6 軒、4 ヶ年 : 1 軒、6 ヶ年 : 2 軒) にわたり室内環境調査を行った。4 軒の住宅 (住宅 No.1、5、10、19) において、調査間に住宅に対して室内空気の清浄化を目的としたシックハウス対策を実施した。住宅 No.1 邸では、2 回目調査前に、シックハウス対策として配慮された珪藻土入り石膏プラスターを用いて、全居室の壁・天井面の改修を実施し、1F セントラル換気システムを風量の大きいものに変更し、1F および 2F 天井裏に排気型の換気扇を追加した。住宅 No.5 邸では、2 回目調査前に、化学物質吸着作用があるとされている多孔質セラミック (エコカラットタイル : INAX 社製) を居室の壁面に設置した。住宅 No.10 邸では、4 回目調査前に、換気システムの風量を 2.5 から 3.3 (最大 5.0) に調節し、風量を増やした。住宅 No.19 邸では、2 回目調査前に、多孔質建材を居室の壁面に設置し、4 回目調査前には、熱交換型換気扇 (ロスナイ : 新) を各居室に追加した。対策内容により、No.5 邸を「内装型」、No.10 邸を「換気型」、No.1 邸と No.19 邸を「内装 & 換気型」とする。

21 軒 54 室のホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ト

ルエン、TVOC濃度の経年変化を図31~34に示す。築・リフォーム後年数と各種化学物質濃度の関係をみると、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドは濃度変動が大きい。減衰している住宅や年度もあるが、大きく増加している住宅や年度も存在する。この原因として、ホルムアルデヒドの内部拡散支配型の性質、硬化接着剤樹脂の加水分解による脱ホルムアルデヒド反応により、長期間にわたって徐々に放散していることが考えられた。蒸散支配型の性質を持つトルエン、エチルベンゼン、キシレンは塗料や壁紙接着剤の希釈剤などに使われることが多いため、竣工後は建材表面からの揮発によって高濃度になりやすい一方、比較的短期間で大部分が放散している。p-ジクロロベンゼンは衣類用防虫剤などの生活用品に使用の有無に大きく影響されるため、築年数が大きい住宅でも防虫剤の使用がある場合、急に高濃度になる住宅が存在した。TVOCはp-ジクロロベンゼンの影響を強く受けていた。4指針物質を除外したTVOCは、一番 α -ピネンの影響を強く受けていたためか、経年による濃度減衰がよくわかる。

ここでは、対策を実施した4軒(11室)と未実施の17軒(43室)の2群間における化学物質濃度の増減量を比較(Wilcoxonの順位和検定)した(図35)。ここで評価した「年間増減量」とは、1年間当たりどのくらい濃度が増減するかを表し、(最終回調査における濃度-初回における濃度)/経過年数(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{年}$)で算出される。有意な差ではなかったが、「対策実施」群の方が、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、TVOC、TVOC(4指針物質除外)の濃度が大きく減衰していた。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドについては、減衰の効果がみられなかった。4軒をそれぞれ個別にみると、大きく減衰効果がみられるのはNo1邸のトルエンである。トルエンはビニールクロスの接着剤が発生源と考えられ、壁・天井仕上げの改修の効果が一番表れる結果となった。増減量がプラス+、つまり初回より逆に増加していたのは、No1邸のホルムアルデヒドとp-ジクロロベンゼン、No5邸のホルムアルデヒドとトルエンであった。No1邸のホルムアルデヒドは、最終回測定時に28°Cを超える高温だったこと、加水分解等により年数をかけて徐々に放散していたことが原因であると予想される。また、p-ジクロロベンゼンについては、最終回調査時に

p-ジクロロベンゼン系の衣類用防虫剤の使用が確認されている。No5邸のホルムアルデヒドとトルエンについては、2回目調査1ヶ月前に購入した家具の影響であると考えられた。

4.2 化学物質濃度と自覚症状の推移

ここでは、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36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(χ^2 検定、t検定)した。

個人属性については、男女間で差はなかったが、アレルギー疾患の既往歴は、「悪化・持続」群の方が多く、皮膚アレルギーではその差は有意であった($p < 0.05$)。年齢については、10症状合計では有意な差はなかったが、個別の症状でみると、多くの症状で「悪化・持続」群の年齢が高く、筋肉・関節症状と神経・感覚障害の2症状ではその差は有意であった($p < 0.05$)。

次に、初回調査時の各種化学物質濃度および年間増減量を比較した。ホルムアルデヒドの結果を図37、TVOCの結果を図38に示す。「悪化・持続」群では初回ホルムアルデヒド濃度が高かったことから、竣工初期の高濃度のホルムアルデヒドが長期にわたって人体に影響を及ぼし、症状を悪化もしくは持続させている可能性が考えられた。反対に、「軽減・軽度」群ではTVOC(トルエンやp-ジクロロベンゼン)減衰が大きかったことから、TVOC濃度が低減したことにより自覚症状を軽減した可能性が考えられた。

5. 追跡継続調査事例(6軒)

長期にわたって室内環境測定調査および他覚的臨床検査を実施した住宅のうち、改善した事例1軒 (No.10)、一部改善した事例2軒 (No.13、No.19)、持続している事例1軒 (No.12)、精神系トラブルへ悪化した事例2軒 (No.1、No.5) の計6軒について詳しく報告する。

5.1 神経系悪化事例1: No.1 邸 (表 11~12、図 39~43)

①住宅概要: 2000年2月竣工の木造2階建戸建住宅に即入居。2002年9月に、シックハウス対策として配慮された珪藻土入り石膏プラスターを用い、トイレ、浴室などを除く全居室の壁、天井面に対して改修を実施。シックハウスに関しては、テレビを通じてその内容を知っていたので、新築に際し、当時、低ホルマリン仕様として出回っていた建材 (当時の日本農林規格 JAS 規格での F1 合板) を使用し、さらに接着剤はでんぷん系のものを使用している。業者からは、ホルムアルデヒドの放散量は安全基準を満たしているとの説明を受けている。入居後新たに購入した家具は、電話台、ダイニングのテーブル、椅子、居間のテーブル、子供部屋の机、椅子であり、購入した装飾品には各居室のカーテンがある。換気設備は第1種機械換気システムを採用しているが、2002年9月に、1Fの給排気システムをさらに高性能のものに変更し、1Fと2Fの小室裏には排気型の換気扇を設置。単位面積あたりの相当隙間面積は、初回2002年に $1.41\text{cm}^2/\text{m}^2$ 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、2002年8月 (改修前) と10月 (改修後)、2003年、2004年の計5回

③発症者: 母親 (30代)、長女 (10歳未満)、長男 (10歳未満)

④症例経過: 発症者の3人のうち最も症状が激しかったのは長男である。長男は入居直後から湿疹やかゆみなどの皮膚症状を訴えた。湿疹は口の周りから顔全体、四肢、背部へと拡がり、特に、暖房中に絨毯やフローリングの上で寝ると急激に悪化するが、家を離れると症状は改善する。現在もなお、口の周りのかゆみを訴えている。また、2000年10月には蕁麻疹に罹ったそうである (心臓に影響するものとされる)。その他、季節の変わり目には体の湿疹、かゆみが出現するが、2002年測定時には、全体として、症状は改善に向かっていると申告している。一

方、母親は目のかゆみ、涙が出るといった症状を訴えていたが、現在症状はほとんど消失している。入居直後は眠気を感じることも多かったが、2001年の秋頃からはあまり感じていない。しかし、2002年9月の改修時、クロスを剥がした際に、すっぱいようなにおいを感じ、後頭部が張ったような痛みや肩こりを感じている。改修後、湿った日が続いたせいか、玄関を開けた時に化学物質臭を感じた。それらはほぼ改善したが、現在は主に鼻に症状が出ている。長女は2002年2月の入居直後より、アレルギー性結膜炎の症状が2週間ほど続いたが、初回調査時には治まっていた。その他に、入居当初は、肩こりや下痢といった症状も訴えている。

2000年5月の初回調査後は、対策として窓開け換気を励行し、機械換気システムについては、「強」の状態にして室内の空気を強制排気するよう努めたとのことである。母親の印象としては、長男、長女とも、換気をしている時の方が、症状が落ち着いているようである。現在は、機械換気システムを「弱」の状態 で運転し、小屋裏換気扇を常時運転させている状態である。夏期や中間期は窓開け換気を励行しているが、冬期はあまり窓を開けず、システムの運転によって換気を行っている。母親の印象では、入居当初は強い化学物質臭を感じたが、1年半経過した頃からそれは徐々に軽減しているとのことである。

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2F寝室で指針値を超過し、その後、2002年8月には2F寝室で最高値の $386\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、シックハウス対策として配慮された左官材料を用いて壁、天井面に対し改修工事を行った後は徐々に低減し、最終回2004年には $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低減した。

VOCについては、初回2000年にはトルエンが $792\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2002年改修前にはp-ジクロロベンゼンが $9772\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く、その影響でTVOCが $10000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上と著しく高い濃度であった。p-ジクロロベンゼンは皮膚に対する刺激性や熱感作用を有し、防虫剤、防ダニ剤、芳香剤等の生活薬品に含まれていることが多いが、2F寝室においてp-ジクロロベンゼン系衣類用防虫剤の使用が確認されており、それが発生源である可能性が高い。居住者が衣類用防虫剤の使用を継続しているため、最終回2004年にもp-ジクロロベンゼンが $2750\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い濃度であった。しかし、それ以外のほとんどの物質は改修後に低減しており、改

修の効果が現れていると言える。

SVOCについては、2002年にフェノブカルブが1F和室において $0.358\mu\text{g}/\text{m}^3$ で検出されており、床下の白蟻駆除剤もしくは量の防虫剤が発生源である可能性が高い。

換気回数は、2002年測定時に住宅全体で0.64回/hと、必要換気回数0.5回/hを満たしていた。しかし、外気から住宅内に流入する新鮮空気の約9割は1Fからであり、2Fの外気導入量が著しく少ない。その結果、測定対象の1F居間では0.82回/hと大きく0.5回/hを上回ったものの、2F寝室では0.23回/h、2F子供室では0.15回/hと換気量が不足していた。

⑥QEESI：長男は初回2000年に症状合計点数（100点満点）が41点で、皮膚や泌尿性器の症状を強く訴えていたが、2003年には合計点数7点まで改善した。しかし、最終回2004年には集中力低下（思考能力）や視力低下（神経・感覚）の症状を訴え始め、合計点数33点まで再び悪化した。長女は初回5点から最終回21点まで悪化した。長女も視力低下を訴えている。化学物質不耐性の合計点数も、長男が12点から44点、長女が17点から32点と大きく上昇していた。

⑦他覚的臨床検査：長男は2000年に眼球運動検査で、階段状の動きや一部に衝撃性眼球運動（slight saccadic mixture「がたつき」：トルエン曝露の可能性大）が混入しており、中枢神経異常の可能性が示唆された。2002年には眼球運動は改善されたが、NIRO検査で脳内血流量状態の異常がみられた。

⑧総括：住居から離脱、換気の徹底によって症状が改善することから、竣工初期の高濃度のVOC（トルエン、p-ジクロロベンゼン）および低量ではあるがカルバメート系殺虫剤への曝露が、発症者の健康状態の悪化に影響したものと考えられる。兄弟は年齢の上昇とともに神経系症状の悪化が観察された。

5.2 神経系悪化事例2：No5邸（表13～14、図44～47）

①住宅概要：1997年1月竣工の木造2階建戸建住宅に同年9月入居。シックハウスに関しては、詳しくその内容を知っていたため、新築時には工務店にも無垢材の使用などを要請したが、工務店が対応できず、結局床材には合板、接着剤にはホルムアルデヒド含有のもの、床下には有機リン系化合物を含んだ白蟻駆除剤が使用されてい

る。入居時より階段下の収納部、クローゼットでの化学物質臭が強く、現在も夏期になると強い臭いを感じる。入居後新たに購入した家具は長男の部屋の机（2F寝室）および1F居間のテレビ台である。2001年9月に、化学物質を吸着するとされている多孔質セラミックス（エコカラットタイル：INAX社製）を設置している。2003年2月からは住宅内で猫を飼育している。2003年4月には家庭の事情により中古アパートに転居しており、そこでは超高性能ケミフリー空気清浄機（エアイーサー：新菱エコビジネス社製）を設置し使用している。単位面積あたりの相当隙間面積は、2002年に $6.73\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次世代省エネルギー基準（Ⅲ地域）の基準値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を満たしていなかった。

②調査時期：2000年、2002年の2回

③発症者：母親（30代）、長男（10代）、次男（10歳未満）

④症例経過：発症者の3人とも何らかのアレルギーを持っているが、最も症状が激しかったのは長男であった。長男は、入居後アレルギー的な症状悪化は明確にみられなかったが、入居直後より頭痛、吐き気、目の痛み、めまい、船酔いのような症状が頻回に出現し始めた。同時に、視力低下が進行し始め、現在も続いている。次男は入居3ヶ月頃より、気管支喘息が悪化し始め、2年半の間続いた。また、基礎に白蟻駆除剤を塗布した翌日に基礎（塗布箇所）に触れてしまい、手や耳が腫れたこともある。母親は、入居後咳が多くなり、咽頭が腫れる感じを訴えている。

多孔質建材を設置した後、長男の頭痛は軽減した。2002年測定時には3人とも症状は軽減したと申告している。しかし、長男は今でも新しい建物に入ると具合が悪くなる。また、測定1ヶ月前に購入した家具を組み立てる際にも、窓全開の状態であったにもかかわらず、具合が悪くなったそうである。転居後は、2004年秋の衣替えをした際や、近所で除草剤をまかれた際に、体調を崩して寝込んだ。2005年9月には、高校の体育館の改築に伴い、頭痛、立ちくらみ、蕁麻疹、脱力感で起きられなくなることがあるとのことで、現在は自宅学習を行っている。かかり付け医の診断によれば、兄弟ともに猫によると思われるアレルギー症状がみられる。

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1F居間と2F寝室の両測定点で指針値を上

回り、2002 年にも 1F 居間では濃度の減衰が小さく、2F 寝室で濃度が大きく増加した。1F 居間と 2F 寝室では、これは、主に床材の合板、押入れのベニヤ板に含まれているホルムアルデヒドが時間をかけて徐々に室内へ放散しているためであると考えられる。また、ホルムアルデヒドは特に高温多湿な状態では高濃度を示す傾向にあるため、両年度ともに全測定点において、測定中 28℃を超える高温な状況下にあったことも影響している。特に、2F 寝室については、長男がこの部屋ではよく眠れないということで、当時、あまり使用している様子がなく、締め切り状態が続いていたことも影響していると思われる。

VOC については、2000 年、2002 年ともに TVOC が暫定目標値を超過した。2 回の測定で、TVOC は低減しているが、物質毎にみると一部の物質（トルエン、酢酸ブチル、メチルエチルケトン）の濃度が高くなっていた。トルエンは神経障害作用を有し、主として塗料や防腐剤などから発生するものである。トルエンは 1F での濃度が高く、2 回目測定の 1 ヶ月前に購入した家具の影響が考えられる。酢酸ブチルはラッカーなどの塗料、洗浄剤、果実エッセンスに、メチルエチルケトンは接着剤、ラッカー、プラスチック、合成皮革、化粧品などに含まれており、ともに目、鼻、喉の刺激、皮膚の炎症、頭痛などをもたらす。また、2F 寝室では新たに、ジクロロメタンが発生していたが、漂白剤を使用しているとの申告があるため、漂白剤を使用した衣類などが発生源として疑われる。

⑥QEESI:長男は初回 2000 年に症状合計点数が 31 点で、頭痛が主症状であったが、2005 年検診時には合計点数 46 点まで上昇し、思考能力や皮膚症状の悪化がみられた。次男は初回 10 点から最終回 23 点まで上昇し、同じく思考能力や緊張しやすいと訴えるようになった。化学物質不耐性の合計点数も、長男が 48 点から 72 点、次男が 38 点から 56 点と大きく上昇していた。

⑦他覚的臨床検査:長男は 2000 年の瞳孔検査において、瞳孔面積が小さく、最大散瞳速度が遅い、副交感神経優位状態であり、有機リン系殺虫剤の慢性微量曝露の可能性が考えられた。NIRO 検査でも、脳内血流状態の異常が観察された。その後 2002 年以降、眼球運動では改善がみられたが、2004 年、2005 年ともに神経反射(アキレス腱、手袋・靴下型の知覚障害)で異常所見がみられた。また、内気性(extreme shy)や不安・緊張感(stage fright)とい

った精神的な問題があると診断された。次男は初回 2003 年検診時には異常所見はまったくなかったものの、2004 年、2005 年で眼球運動、瞳孔反応、重心動揺で異常所見が観察された。ただし、先天的な要素が多く、光駆動性てんかんの影響が考えられた。また、母親も 2000 年に眼球運動検査と NIRO 検査で異常があり、その後検査は受けていないが、医師の問診による印象では、兄弟と同じような精神的な症状があると疑われた。

⑧総括:高濃度のホルムアルデヒドと VOC、有機リン系殺虫剤への曝露が母親、長男、次男らの神経系統の働きを傷害し、頭痛や喘息の悪化から始まり、最終的には自覚症状かつ他覚的にも神経系トラブルを誘発した可能性が高い。転居により一時は改善傾向にあったものの、長男は SHS からシックスクール症候群へと原因が移行した例である。

5.3 改善事例:No.10 邸(表 15~16、図 48~52)

①住宅概要:1998 年 3 月竣工の木造 2 階建戸建住宅に即入居。入居後に、洗濯機置き場であった個所を勝手口に取りフォームした。シックハウスに関しては、テレビ等で内容を知っていたが、新築時には耐久性を第一に考えたため、防腐・防食剤対応の建材を選択した。壁紙にはノンホルマリン接着剤が使用されている。これらに関して業者からは説明を受けている。完成から入居までの間、特に掃除や換気を行わなかった。換気設備は第 3 種機械換気システムを採用。ほぼすべての家具を入居後新たに購入している。単位面積あたりの相当隙間面積は、 $1.32\text{cm}^2/\text{m}^2$ 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~2005 年の 6 ヶ年

③発症者:母親(30 代)、長男(10 歳未満)

④症例経過:母親はもともとブタクサに対してアレルギーを持つ。入居直後に体調不良を起こしたが原因は不明である。目の疲労、風邪をひきやすい、肩こり、倦怠感といった症状を感じていたが、2002 年度測定時には、症状は落ち着いていると申告している。長男は、新築住居入居と同時に、新しい校舎の学校に入学している。もともと喘息、アレルギー性鼻炎を患っており、入居 1 年半後に大きな喘息の発作を起こして入院した。2000 年 9 月にも吸入を必要とするほどの発作を起こした。その他、

鼻水や鼻血が出るという症状があったが、その後の食事療法におよび花粉の時期を除いた窓開け換気の励行により、ここ3年ほどはすっかり落ち着いている。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドについては、初回2000年に1F居間および1F和室において指針値を上回っており、その後は上昇と減衰を繰り返し、最終回2005年にも指針値付近のままである。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については、初回2000年には全測定室において、トルエンとp-ジクロロベンゼンが高い濃度であり、TVOCが1F和室で $3636\mu\text{g}/\text{m}^3$ と暫定目標値を大きく超過したが、その後は年数の経過および衣類用防虫剤に使用の制限により、徐々に低減していった。トルエンは、目や気道を刺激し、精神錯乱、疲労、吐き気等、中枢神経系に影響を与えることがある。接着剤や塗料の溶剤及び希釈剤などとして使用される他、防腐剤にも含まれているため、これらを使用した建材、家具からの放散が考えられる。p-ジクロロベンゼンはめまいや頭痛、皮膚に対する刺激性を引き起こし、防虫剤、防ダニ剤、芳香剤などの生活薬品に含まれていることが多い。最終回2005年に酢酸エチルとエタノールがやや高い濃度であった。調査前も新たに購入した家具は2F子供部屋大のカラーBOXくらいであり、建材自体や家具から発生しているとは考え難く、酢酸エチルやエタノールは木工用接着剤やニス、塗料に含まれるため、生活上使用しているボンドやインク剤、各種クリーナーの影響ではないかと考えられた。

SVOCについては、クロルピリホスが2002年に $0.305\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2004年に $0.007\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、ともに床下で検出されており、居住者は把握できていないが、白蟻駆除剤として床下に使用された可能性がある。

換気量については、2001年調査時には、住宅全体の換気回数が0.33回/hと、必要換気回数の0.50回/hを下回っていた。台所の換気回数が非常に大きく、居室では非常に換気が不足していることが明らかとなった。そこで普段の換気システムの運転モードの調節レベルを2.5から3.3(MAX:5.0)に上げたところ、2003年調査時には住宅全体で0.55回/hまで上昇した。2005年調査時には、運

転モードを最大の5.0にしても $139.9\text{m}^3/\text{h}$ (仕様書： $660\text{m}^3/\text{h}$)の風量しか排気できていないことが分かった。排気口のフィルターとファンを清掃してから再度測定を行っても清掃前後でほとんど変化がなかったことから、その際清掃が不可能だった、屋根の天頂部に取り付けてある外部の排気フードで目詰まり等の問題を起している可能性が高い。今後、専門業者によるメンテナンスが必要であるかと思われる。

⑥QEESI：母親の症状合計点数は24点から3点、長男は24点から4点と、ともに大きな改善がみられ、現在はほぼ完治している。

⑦他覚的臨床検査：母親が2000年に眼球運動検査によって、水平方向で階段状運動(stair case)がみられ、垂直方向では上方視が困難な状態であった。

⑧総括：竣工初期の高濃度のホルムアルデヒドとVOCおよび低量ながら有機リン系殺虫剤が母親と長男の症状を誘発したことが疑われた。しかしその後の生活改善および換気運転方式の変更による空気質の改善に伴い、自覚症状もほぼ完治した良い例である。現在行っている、換気の励行・室内での薬物の使用を控えるなどの対策を継続して行っていくことを望む。

5.4 持続事例：No.12 邸(表17~18、図53~57)

①住宅概要：1998年4月竣工の木造2階建戸建住宅に即入居。シックハウスに関しては、言葉を聞いたことがある程度だったが、家族にもともとアレルギー体質の者が多いため、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。また、2001年調査2~3ヶ月程前には玄関付近で蟻用殺虫剤を使用した。換気設備には第1種機械換気システムを採用。単位面積あたりの相当隙間面積は、初回2001年に $0.83\text{cm}^2/\text{m}^2$ 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、2001年、2003年の3回

③発症者：次男(10歳未満)

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

ードで誕生し、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。対策として、現在は特に換気と掃除に注意しながら生活している。さらに、エアコンは空気清浄機能付き、かつカテキン入りのものを使用している。その他、2000年測定で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衣類用防虫剤の使用は止めている。

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年には1F和室のみで指針値を超過したが、その後は経年に伴い徐々に上昇し、最終回2003年には全測定室で $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となった。新たな家具の持ち込みがないため、室内に使用されている接着剤中の樹脂が加水分解によって分解され、ホルムアルデヒドが生成・放散されていることが疑われた。

VOCについては、2000年に全測定点でp-ジクロロベンゼンと α -ピネン濃度が高く、TVOCが暫定目標値を大きく超過した。TVOCは各室とも経年に伴って濃度が低くなっていく傾向がみられた。p-ジクロロベンゼンは、濃度が激減したが、以前に揮発したものが室内から十分に抜けていないのか、依然として若干の発生が認められた。1,2,4-トリメチルベンゼン、エタノールの濃度が上昇しているが、いずれも幅広い用途で使用されるため、生活していく中で発生している可能性が考えられ、発生源の特定は難しい。

SVOCについては、2003年に床下でフェノブカルブが $0.025\mu\text{g}/\text{m}^3$ で検出された。2001年調査前に使用した蟻用殺虫剤に含まれていた可能性が考えられる。

換気量については、2001年に「弱」運転の状態で住宅全体の換気回数が0.25回/hと、必要換気回数0.5回/hを満たしておらず、特に2Fでは主寝室が0.04回/h、長女部屋が0.04回/hと顕著に換気量が不足していた。そのため、音が気になるようだが「強」運転にする必要と思われる。

⑥QEESI：母親は合計点数が22点から7点、長男は39点から29点、次男は21点から10点と減少し、初期に訴えていた湿疹や咳などの症状は改善傾向にある。

⑦他覚的臨床検査：母親が2000年に、神経反射とNIRO検査で異常があるとされた。長男は2001年と2003年に、眼球運動で副交感神経優位かつ交感神経麻痺の状態であるとされたが、2005年にはやや改善がみられた。次男は初回2003年には、NIRO検査で軽度異常と判定された程

度であったが、2004年と2005年では、眼球運動（階段波形、眼瞼痙攣）、神経反射（膝）、NIRO検査（起立時）でそれぞれ異常所見があり、視覚系の発達の異常があると診断された。

⑧総括：家族にもともとアレルギー体質である方が多いが、竣工から長年にわたって高濃度のホルムアルデヒド、VOC（p-ジクロロベンゼンなど）と、カルバメート系殺虫剤が症状の増悪因子となっている可能性がある。3名とも自覚症状では改善傾向にあるものの、次男だけは他覚的臨床検査で悪化傾向にあるため、現在使用している、掃き掃除用洗剤、トイレクリーナー、除菌用消臭剤（トイレ）などは、体調と相談して使用を控える必要がある。

5.5 一部改善事例1：No.13 邸（表19～20、図58～61）

①住宅概要：1983年竣工の木造2階建戸建住宅を、1994年に中古で購入し、1997年3月に入居。1999年10月に、1Fに和室を増築し、居間の床を絨毯からフローリングに張り替えた。その他、廊下部分のフローリング、主寝室の壁紙を貼り替えている。シックハウスに関しては、症状が現れるまではほとんど知らず、リフォームの際にも建材にはあまり配慮しなかった。単位面積あたりの相当隙間面積は、初回2001年に $8.64\text{cm}^2/\text{m}^2$ （2005年： $10.84\text{cm}^2/\text{m}^2$ ）であり、次世代省エネルギー基準（Ⅲ地域）の基準値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を満たしていなかった。

②調査時期：2000年、2001年、2005年の3ヶ年

③発症者：母親（30代）、長男（10歳未満）、次女（10代）

④症例経過：母親は、もともとアレルギー性鼻炎、結膜炎、蕁麻疹を、次女はもともとアトピー性皮膚炎と喘息を、長男は生後6ヶ月より喘息を患い、卵や牛乳に対するアレルギーを有する。全員が増築後から目の充血、頭痛等の症状が発現もしくはアレルギー症状の悪化がみられた。もともとにおいに敏感であった長男の方が症状はひどく、リフォームで外壁の吹きつけを行っている頃から気分が悪いと訴えていたが、完成後に増築した和室に入ったところ、激しい頭痛や吐き気の症状を訴え始めた。さらに、リフォーム後から喘息の症状もひどくなり、大きな発作を起こすようになった。その後、増築した和室に入らない限り、住居での症状は落ち着いたが、2001年4月中学（1997年普通教室棟新設）入学後より学校の教

室にいと頭痛、吐き気といった症状が発現するようになった。学校で具合が悪くなり、帰宅すると症状は消失する状態であったが、現在通っている高校は臭いがしないということで、中学校卒業後は比較的落ち着いている。最近では、発作のために寒い時期のマラソン、新築、新車、香水、タバコ、マッキー等の油性ペンに使用などは避けている。主な対策としては、換気を励行し、空気清浄装置付き除湿機を使用している。

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1F和室（増築部）において、2001年には2F和室において、指針値を超過したが、最終回2005年には全測定室において指針値未満まで低減した。ホルムアルデヒドは主に合板や接着剤、木製家具などから発生するが、2F和室には木製家具が数多く搬入されていたことが影響しているものと考えられる。

VOCについては、2F和室におけるTVOC濃度が最も低く、1F居間、1F和室（増築部）では2000年、2001年ともに暫定目標値を超過した。1F和室（増築部）ではp-ジクロロベンゼンの濃度が指針値を超過した。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。アンケートにより芳香剤の使用が確認されているが、p-ジクロロベンゼン系衣類用防虫剤は調査時には使用していなかったため、以前まで使用していたというものがどこかに保管されたままの状態になっている可能性も十分に考えられる。2005年にはノナンが496 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高濃度であったが、室内にあった木製の机、タンス、本棚の塗料、ニス、ワックス等が発生源であることが考えられる。

⑥QEESI：母親は合計点数が19点から57点と著しく上昇、長男は28点から一度は41点まで上昇したものの、最終的には10点まで減少している。長男は、当初増築で使用された建材等に使用されていた化学物質の曝露を受け、その後中学校の化学物質に曝露を受けていたと考えられる。母親は職場や古本屋でも鼻水や頭痛等の症状が悪化するようである。

⑦他覚的臨床検査：長男が毎年参加しており、初回2000年にはNIRO検査で異常、問題であった中学校入学後は、さらに眼球運動、瞳孔反応、重心動揺でも異常と判定された。また、NIROによるホルムアルデヒド負荷試験の結果、ホルムアルデヒドへ陽性反応を示し、さらに起立時

の悪化がみられた。しかし、中学校卒業後の2004年以降は、NIRO検査で正常判定となるなど年々回復傾向にある。次女は瞳孔反応で異常があり、軽度のMCS疑い、母親は眼球運動で異常がみられたものの、MCSの疑いなしと診断された。

⑧総括：長男の例では、増築直後の高濃度のホルムアルデヒドおよびVOC（p-ジクロロベンゼンなど）への曝露により健康被害が生じ、その後、学校での曝露、シックスクール症候群へと移行していった。しかし、現在は生活改善および化学物質からの回避によって自覚的・他覚的ともにほぼ改善している例と言える。

5.6 一部改善事例2：No.19 邸（表21～23、図62～68）

①住宅概要：1993年7月竣工の木造2階建戸建住宅に即入居。新築時には、シックハウスに関して接着剤のにおい等で体調が悪くなることなどを知っていたため、接着剤や畳、白蟻駆除剤、難燃剤に関しては安全なものを使用するように業者へ依頼した（壁紙までは考慮しなかった）。しかし、居住者がSHSと疑われる症状を訴えたため、様々なシックハウス対策を敢行した。1997年には、2F子供部屋（2室）の壁紙の貼り替え、床面内装の合板の使用個所で無垢材への貼り替えというリフォームを実施し、化学物質の放散源と考えられる家具を廃棄、もしくは化学物質の放散を抑制する塗料を塗布した。2001年9月には、調湿作用や化学物質吸着作用を持つとされる多孔質セラミックス（エコカラットタイル：INAX社製）を1F居間および2F子供部屋（2室）の壁面に設置した。2003年10月には、居室4部屋に全熱交換器換気扇（ロスナイ：三菱電機製）を設置した。衣類の漂白剤以外は、洗剤類等の化学物質をほとんど使用していない。近隣には、農薬散布および防蟻処理を行った住宅が存在する。単位面積あたりの相当隙間面積は、 $1.10\text{cm}^2/\text{m}^2$ 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～2005年の6ヵ年

③発症者：父親（40代）、長女（10代）、次女（10代）、長男（10代）、三女（10代）、次男（10歳未満）

④症例経過：主人は、入居後から、特に2Fの子供寝室（大）や書斎で頭痛や苛立ちなどの症状を訴えている。症状は長期にわたって持続し、初回測定時前の方が重度であっ

たようである。現在は快方に向かっている。長女はアトピー性皮膚炎が悪化し、体質的に疲れやすくなったそうだ。次女と三女は特に就寝時に子供部屋において喘息の発作がひどくなった。長男は、部屋は特定出来ないが、入居後アレルギー性結膜炎、アレルギー性鼻炎、花粉症の症状が現れ始め、視力も低下し始めた。次男はアトピー性皮膚炎、湿疹、鼻炎等の症状があり、ダニに対するアレルギーも強いようである。対策としては、換気を励行しているとのことだが、屋外で薬品臭がするときは、逆に窓を閉め、家の中に汚染の原因となるものを入れないようにするなど徹底している。

⑤調査結果および考察：ホルムアルデヒドについては、1997年の内装材のリフォーム後となるが、初回測定時2000年に全測定室で指針値を超過した。ホルムアルデヒド濃度は、過去リフォーム（1997年）以前に居住者自身が実施した簡易測定の結果によると、0.5ppm（＝約600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と非常に高濃度であったことから、新築入居当時はさらに高濃度な環境に曝露されていた可能性がある。その後2002年まで指針値を超過した状態が続いたが、2003年以降は指針値以下の濃度で推移している。

VOCについては、2000年に α -ピネンの濃度が高く、TVOCが全測定室において暫定目標値を大きく超過した。2001年はエコカラットタイル設置の効果等もあり、全室において目標値以下まで低減した。その後、換気システムの変更などもあり、現在まで目標値以下の濃度で推移している。後半TVOCの大部分を占めている物質がエタノールのため、生活用品から発生しているものと考えられる。

換気量については、2001年調査でセントラル給排気システムが設置されているにもかかわらず、住宅全体の換気回数が0.21回/hと必要換気回数0.5回/hを大きく下回る結果となり、計画換気が十分に機能していなかったことが判明した。また、隙間相当面積が1 cm^2/m^2 台と、気密性能が高いため、換気量不足が高濃度となった大きな要因と疑われた。その後、2003年に追加した個別換気システム（熱交換換気扇）を作動した状態では、住宅全体の換気回数が未作動時の約3倍である0.89回/hまで上昇した。ただし、1Fと2Fのバランスが悪く、2F子供部屋2室は1.0回/h以上であるにもかかわらず1F居間は0.48回/hと、2Fの半分も満たしていなかった。このことがホルム

アルデヒド、VOCともに1F居間の濃度がやや高い原因であると考えられる。未作動状態で測定した換気回数が非常に小さいことから分かるように、セントラル給排気システムの給排気口の風量が、すべて測定下限値以下であったため、実際にはほとんど性能が発揮されていないことが分かる。2005年には、設置から2年間使用し続けている個別換気システムを清掃した後に測定したところ、清掃前の2倍弱まで風量が上昇したことから、日常的なメンテナンスの必要性が実証された。

⑥QEESI：主な発症者である父親が合計点数57点から21点に、次女が59点から19点と改善傾向がみられた。逆に、長男は10点から20点、三女は23点から46点と悪化傾向がみられた。

⑦他覚的臨床検査：父親、長男、三女、次女の4名が参加した。父親は脳内血流量で異常判定がみられた。長男は、瞳孔反応および重心動揺検査で異常と判定された。三女は脳内血流量および心電図（交感神経優位）、瞳孔反応でも交感神経および副交感神経緊張で異常ありと診断された。次男は眼球運動（垂直）、重心動揺検査（迷路性）で異常と診断された。

⑧総括：新築時より高濃度のホルムアルデヒドとVOCおよび近隣の有機リン系殺虫剤に曝露された可能性が考えられた。現在、父親と次女の症状は快方に向かっているとのことだが、長男と三女については、成長期という年齢的なものとの関連もあると思われるが、悪化傾向であるため、今後も室内環境を清浄に保つ必要がある。

最後に、全60軒における室内環境測定調査の結果一覧を別表1-1～1-3に、室内空気汚染源とその原因を別表2.1～2.2に、発症の経過と推定原因物質を別表3.1～3.2に、全70名に対して実施した他覚的臨床検査の結果一覧を別表4-1～4.4にそれぞれ示す。ご参照頂きたい。

D. 考察と結論

6年間にわたるシックハウス調査で得た室内環境および居住者の自覚的・他覚的データより、室内空気汚染と健康被害の要因解析、住環境対策の効果などについて検証した。シックハウスでは、厚生労働省により指針値が策定されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、p-ジク

ロロベンゼンなどの濃度が一般住宅よりも高く、換気量不足がそれら室内空気汚染の原因となっていた。調査対象の約半数がSHSに該当し、アセトアルデヒド以外の6種類の指針値策定物質が、その発症原因となっていることが示唆された。同時に一部の患者を対象として実施した他覚的臨床検査で異常所見が認められた例でも、住宅のホルムアルデヒドやトルエンの濃度が高かった。

住環境および居住者の症状に問題があった住宅を抽出し、最長で6年間にわたり室内環境、自覚症状、他覚的臨床症状の追跡を行った。そのうち、調査の途中で住宅の改修などの対策を実施した住宅の方では、化学物質濃度の減衰傾向は顕著であり、約半数では室内環境の改善に伴い居住者の自覚症状、臨床症状も快方に向かった。ただし、一部では成長とともに精神系トラブルが臨床下で検出される児童の症例が観察されたため、早期の医学的治療と室内環境への対策を行うことが非常に重要であることが確認された。

化学物質による健康被害は未だに多く存在しており、今後も化学物質に対する基準値の設定や技術的手法について十分に検討を行っていく必要がある。

E. 研究発表

1. 論文発表

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、No.567、pp.57-64、2003.5

2) Hiroshi Yoshino, Kentaro Amano, Mari Matsumoto, Koji Netsu, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Satoshi Ishikawa: Long-Termed Field Survey of Indoor Air Quality and Health Hazards in Sick House, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol.3, No.2, pp.297-303, 2004.11

2. 学会発表

1) 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, Vol.3,

pp.42-47, 2003.12

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, Vol.3, pp.54-59, 2003.12

3) 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, Asia Pacific Conference on the Built Environment (Hong Kong SAR), pp.(6-1)-(6-7), 2003.12

4) Hiroshi Yoshino, Kentaro Amano, Mari Matsumoto, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Satoshi Ishikawa: Long-Termed Field Survey of Indoor Air Quality and Health Hazards in Sick Houses, CIB World Building Congress 2004, 2004.5 (Full Paper: CD-ROM)

5) K Netsu, H Yoshino, K Ikeda, A Nozaki, K Kakuta, S Hojo, S Ishikawa: Field Survey on Indoor Air Pollution and Factor Causing Symptom in Sick Houses, Proceedings: Indoor Air 2005, pp.3696-3700, 2005.9

6) 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

7) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Satoshi Ishikawa: Field Survey of Indoor Air Quality and Health hazards in 53 Sick Houses, SB05Tokyo, pp.1414-1419, 2005.9

8) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa: Long-Termed Field Survey on Indoor Air Quality and Occupant's Health in 57 Sick Houses, Proceedings: Asia Pacific Conference on Built Environment 2005, pp.117-124, 2005.11

9) 祢津紘司、吉野博、池田耕一、野崎淳夫、天野健太郎、松本麻里、角田和彦、石川哲：シックハウスにおける健康被害とその防除対策に関する研究、日本建築学会東北支部研究報告集、pp.111-114、2004.6

10) 祢津紘司、吉野博、石川哲、池田耕一、野崎淳夫、

角田和彦、武田篤、北條祥子、天野健太郎、松本麻里：シックハウスにおける室内空気汚染の実態と発症要因に関する検討、第13回日本臨床環境医学会総会抄録集、pp.35、2004.7

11) 祢津紘司、吉野博、天野健太郎、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室内空気質と居住者の健康状況に関する調査研究—その9 ロジスティック回帰分析を用いた健康被害と防除対策についての考察—、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、pp.1045-1046、2004.9

12) 祢津紘司、吉野博、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室内空気汚染の実態と発症要因に関する調査研究、日本環境管理学会・室内環境学会合同研究発表会講演予稿集、pp.186-189、2004.10

13) 祢津紘司、吉野博、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室内空気質と居住者の健康状態に関する継続的調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.837-840、2005.8

14) 吉野博、祢津紘司、石川哲、角田和彦、北條祥子、池田耕一、野崎淳夫：シックハウスにおける室内空気汚染の実態と発症要因に関する検討、第14回日本臨床環境医学会総会抄録集、pp.27、2005.7

15) 祢津紘司、吉野博、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室内空気質と居住者の健康状況に関する調査研究—その10 2004年度室内環境測定調査の結果—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.929-930、2005.9

【謝辞】

今回の研究を進めるにあたりご尽力いただきました北里研究所病院臨床環境医学センター石川哲先生に深謝いたします。また、医学的臨床検査にご協力いただいた北里研究所病院臨床環境医学センター、かくたこども&アレルギークリニックスタッフの方々、その他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。

【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 アルデヒドサンプリングマニュアル2002-2003年版」、2002.12
- 3) Naohide Shinohara, Kazukiyo Kumagai, Naomichi Yamamoto, Yukio Yanagisawa, Miniru 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) 大量注入GC/MSシステムによる大気中農薬の分析：陰地義樹、平井佐紀子、宇野正清、佐々木美智子、環境化学、Vol.5、No.1、pp.23-30、1995
- 6) 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
- 7) Miller CS, Prihoda TJ: The Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (EESI), a standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical applications. Toxicology and Industrial Health15, pp.370-385, 1999
- 8) 石川哲、宮田幹夫：MCS—診断基準・診断に必要な検査法、アレルギー・免疫6、pp.990-998、1999
- 9) 北條祥子、吉野博、熊野宏昭、角田和彦、宮田幹夫、坂部貢、松井孝子、池田耕一、野崎淳夫、石川哲：日本人に対するQEESI応用の試み—QEESIのMCSおよびSHS患者のスクリーニング用問診票としての使用事例—、臨床環境医学会、第13巻、第2号、pp.110-119、2004.12
- 10) 小林幸雄、高崎住男、尾崎健夫、石塚雅治、鈴木進：近赤外光による組織酸素モニター装置、Therapeutic Research 21、pp.1528-1531、2000
- 11) 内海陸：Open-loop 赤外線電子瞳孔計による対光反応の基礎的分析、日眼会誌83、pp.1524-1529、1979
- 12) 松井孝子、小沢学、相澤好治、坂部貢：北里研究所病院・臨床環境医学センターにおける化学物質過敏症患者

者の現状、平成17年度室内環境学会総会講演集、pp.86-87、
2005.11

13) 平成12年度厚生科学研究費補助金生活安全総合研究
事業「シックハウス症候群の病態解明、診断治療法に関
する研究」報告書、2001.3

14) 石川均、浅川賢、吉富健志：瞳孔反応、神経眼科、
第21巻第3号、2004.9

15) 高橋慶子、石川均、新田任里江、堀部円、商事信行、
清水公也：トライイリスを用いた調節刺激に対する瞳孔
径・幅湊の加齢変化、自律神経、第41巻第3号、2004.6

16) 高橋奈緒子、吉野博他：東北地方を中心とした高断
熱・高気密住宅における室内湿度・空気質と居住者の健
康性に関する夏季調査、日本建築学会大会学術講演梗概
集、D-1、pp1093-1094、2001.9

17) 大澤元毅、池田耕一、林基哉、大澤元毅、真鍋純、
中林由行：2000年全国調査に基づく化学物質による住居
室内空気汚染の状況、日本建築学会環境系論文集、第566
号、pp.65-71、2003.4

18) 厚生労働省（旧厚生省）：居住環境中の揮発性有機化
合物の全国実態調査について、報道発表資料、1999.12