

## B. 研究方法

### a) 対象

対象は、北里研究所病院・臨床環境医学センターを受診し、内服薬を過去に1ヶ月以上服用していない病型分類2型に相当するシックハウス症候群（狭義）患者26名。これら対象者を、有機リン化合物が原因の可能性が高いグループ1：男性5名、女性3名計8名（35.8±3.56歳、37.33±6.60歳）、有機リン剤曝露は考え難く、その他の有機溶剤、ホルムアルデヒド曝露などから発症した可能性が高いグループ2：男性8名、女性10名計18名（32.25±8.17歳、36.2±2.94歳）に分類した。

（倫理面への配慮）

本研究は、北里研究所病院臨床研究審査委員会および同倫理委員会の承認に基づいて施行された。本研究に先立ち、研究担当医師が研究趣旨、研究により得られた結果の取扱、個人情報取扱に関して研究協力者に十分な説明を行い、同意を得た者のみを研究評価対象とした。

### b) 方法

浜松ホトニクス社製赤外線電子瞳孔計を用い15分間の暗順応後、CCDカメラが内蔵されたゴーグルを装着し、光刺激1秒間、測定時間5.25秒の対光反応測定を1分間隔で合計4回、実施した。今回の解析では、従来から用いられているパラメータのほか測定波形から最終瞳孔径D3を求め、5秒間の測定後、どこまで瞳孔径が復帰したかを調べるために縮瞳率を参考に、新たに戻り率を算出し検討した（図-1、図-2参照）。

## C. 研究結果

### a) 初回測定時 (D1・D2・D3)の比較：(図-3)

縦軸は瞳孔径、横軸はD1刺激前瞳孔径、D2最小瞳孔径、D3測定終了時の瞳孔径を示す。D1は、グループ1で平均5.4、グループ2では平均6.8、D2は、グループ1で平均3.3、グループ2では平均4.2、D3は、グループ1で平均4.9、グループ2では平均6.2を示しいずれも有機リン化合物が原因と考えられるグループ1で瞳孔径が小さいことがわかった。

### b) 縮瞳率・T5 (63%散瞳時間) の比較： (図-4 a,b)

図-4aは縮瞳率、図-4bはT5 63%散瞳時間の比較を示す。いずれも計4回の測定結果を平均したもので、横軸はグループ、縦軸はそれぞれの単位（左グラフは%、右グラフはmsec）を表す。縮瞳率は、グループ1で平均37%、グループ2では平均39%であった。T5は、グループ1で平均1534±270、グループ2では平均1564±375 msecで、両群に明らかな差は認められなかった。

### c) 刺激前瞳孔径(D1)の比較：(図-5 a,b)

計4回の刺激前瞳孔径の比較を示す。縦軸は瞳孔径、横軸に回数を示した。図-5aのグループ1では、1回目5.49、4回目4.83で、その差は0.66で回数を重ねるごとに縮瞳していることがわかる。一方、図-5bのグループ2では、1回目6.83、4回目6.61で、その差は0.12で、瞳孔径がグループ1に比べ安定していることがわかった。

### d) 縮瞳率の比較：(図-6)

縮瞳率は、グループ1では1回目40.44回目35.7%で約5%の低下がみられた。グループ2では(38.3、38.2、39.7、39.9)と安定していた。

### e) 戻り率の比較：(図-7)

戻り率は、グループ2では瞳孔径・縮瞳率と同様に安定していたが、グループ1では、不安定であった。図-7では、4回目の戻り率が改善しているかのように見受けられたが、縮瞳率が低下していたことから瞳孔径が小さく十分縮瞳出来ないことが考えられた。

### f) 各測定の瞳孔径の変化と戻り率の比較：(図-8 a,b)

図-8aは、各測定におけるD1刺激前瞳孔径とD35秒間の測定最終瞳孔径を回数ごとにプロットしたものである。グループ2は、各回でD1(＃)・D3(＃)が安定し、1分間のインターバルで瞳孔が元にもどっていることがわかる。グループ1では(＃)2回目以降は安定しているものの、1回目(＃)から2回目への瞳孔の戻りが悪いことがわかる。

図-8bは、平均戻り率の比較を示す。グループ1は87.37%、グループ2では90.84%で、Mann Whitney U検定で危険率が0.0599であった。

## D. 考察

有機リン化合物が発症原因と考えられるグループ1では、有機溶剤・ホルムアルデヒド曝露が原因を考えられるグループ2に比べ瞳孔径は小さいものの、縮瞳率・63%散瞳時間に差は見られなかった。4回の繰り返し測定によりグループ1の刺激前瞳孔径は小さくなっており、縮瞳率・戻り率にもグループ2に比べ、ばらつきが認められた。

今回新たに設定した戻り率は4回の平均でグループ1が87%で、グループ2と比較して3.5%戻りが悪いことがわかった。また、瞳孔が元の大きさに戻れないグループ1の所見は発症原因による差と判断された。

## E. 結論

グループ1は、グループ2にくらべ初回測定から戻り率が低く、測定を繰り返したことから平均戻り率が2.41%低下していることから、推定原因化学物質の相違による特徴的な所見が示され、臨床的上有用な客観的指標に成り得ると考えられた。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

1) Mita M, Satoh M, Shimada A, Okajima M, Azuma S, Suzuki JS, Sakabe K, Hara S, Himeno S: Metallothionein is a crucial protective factor against Helicobacter Pylori-induced gastric erosive lesions in a mouse model. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2008 (in press)

2) Hojo S, Ishikawa S, Kumano H, Miyata M, Sakabe K: Clinical characteristics of physician-diagnosed patients with multiple chemical sensitivity in Japan. *Int J Hyg Environ Health*. 2007 (in press)

3) Seki A, Takigawa T, Kishi R, Sakabe K, Torii S, Tanaka M, Yoshimura T, Morimoto K, Katoh T, Kira S, Aizawa Y.: Sick house syndrome. *Nippon Eiseigaku Zasshi*. 62(4): 939-48. 2007

4) 村上周三、坂部 貢、伊香賀 俊治: 健康維持増進住宅におけるヘルスキャピタル概念の構築. *IBEC*, 28(5):71-74. 2008

5) 北條祥子、石川 哲、熊野宏昭、宮田幹夫、松井孝子、坂部 貢: 日本の化学物質過敏症患者の臨床的特徴. *臨床環境医学*, 16(2): 104-116. 2007

6) 松坂恭成、青山美子、角田和彦、坂部 貢、石川 哲、木村 穰: シックハウス症候群における Neuropathy Target Esterase (NTE) 酵素活性と遺伝子多型. *臨床環境医学*, 16(2): 98-103. 2007

### 2. 学会発表

1) 松井孝子、坂部 貢、小沢 学、東山礼一: 足浴前後の自律神経機能に及ぼす影響について -電子瞳孔計を用いて-: 第2報. 第72回日本温泉気候物理医学会. 2007

2) 中村亮介、村上雅人、内田有美、加藤陶子、清野正子、澁谷正史、坂部 貢: VEGF-A トランスジェニックマウスを用いたリンパ管上皮細胞の単離法の確立. 第31回日本リンパ学会総会. 2007

3) 中木良彦、伊藤俊弘、杉岡良彦、遠藤 整、西條泰明、坂部 貢、吉田貴彦: 食品中に含まれるホルムアルデヒドの腸内免疫系への影響. 第16回日本臨床環境医学会. 2007

4) 松坂恭成、大久保朋一、津田道雄、菊池イアラ幸江、青山美子、角田和彦、猪子英俊、坂部 貢、石川 哲、木村 穰: シックハウス症候群における Neuropathy Target Esterase (NTE) 遺伝子の酵素活性および遺伝子多型. 第16回日本臨床環境医学会. 2007

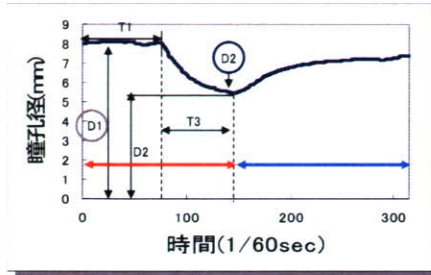
5) 中井里史、立石早紀、小沢 学、松井孝子、坂部 貢: 化学物質過敏症転地療養患者を対象とした重心動揺繰り返し計測. 第16回日本臨床環境医学会. 2007

- 6) 浅川 賢、石川 均、後関利明、榊原七重、石川 哲、坂部 貢、相澤好治:シックハウス症候群患者の瞳孔組織所見. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 7) 小沢 学、松井孝子、宮田幹夫、土本寛二、坂部 貢: 臨床環境医学センター受診患者における中心フリッカー検査の検討 (第二報). 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 8) 松井孝子、小沢 学、榊原七重、田中舘明博、石川 均、宮田幹夫、石川 哲、佐々木恵子、尾島正幸、山田高也、鈴木幸男、土本寛二、相澤好治、坂部 貢: 開発した眼球運動装置の評価-化学物質過敏症患者を中心として-. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 9) 三木猛生、宮島江里子、石橋美生、角田正史、菅 信一、坂部 貢、宮田幹夫、相澤好治: fMRI を用いた微量化学物質曝露時の脳画像解析の検討. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 10) 石橋美生、三木猛生、遠乗秀樹、宮島江里子、工藤安史、角田正史、坂部 貢、相澤好治: シックハウス症候群の機序による分類 -専門医師と一般医師の判定の相違に関する研究-. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 11) 立石早紀、中井里史、小沢 学、松井孝子、尾島正幸、宮田幹夫、坂部 貢: 化学物質過敏症転地療養患者を対象とした重心動揺繰り返し計測. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 12) 中岡宏子、斎藤育江、坂部 貢、戸高恵美子、松野義晴、田中裕貴、渡辺久美子、森 千里: シックハウス症候群の原因物質を極力削減した実験施設完成後 1 ヶ月時点での空気調査と体感評価について. 第 16 回日本臨床環境医学会. 2007
- 13) 松井孝子、坂部 貢: 北里研究所病院・臨床環境医学センターにおける受診患者の現状. 第 1 回北里大学大学院公衆衛生学・千葉大学大学院環境生命医学合同研究会. 2007
- 14) 小沢 学、坂部 貢: 化学物質過敏症における中心フリッカー検査の検討. 第 1 回北里大学大学院公衆衛生学・千葉大学大学院環境生命医学合同研究会. 2007
- 15) 立石早紀、中井里史、小沢 学、松井孝子、宮田幹夫、坂部 貢: 化学物質過敏症患者の気分状態、症状と化学物質暴露の追跡調査. 平成 19 年度室内環境学会総会東北大会. 2007
- 16) 松井孝子、小沢 学、鈴木幸男、土本寛二、坂部 貢: 臨床における瞳孔検査所見から有機燐剤、有機溶剤・ホルムアルデヒド暴露が原因と考えられるグループの比較. 第 18 回日本病態生理学会. 2007
- 17) 坂部 貢: 臨床から見た化学物質問題の対応・微量化学物質によるシックハウス症候群を中心として. 第 27 回日本医学会総会. 2007
- 18) 熊野宏昭、石澤哲朗、吉内一浩、赤林 朗、坂部 貢、宮田幹夫、石川 哲: 化学物質過敏症患者における日常生活下での心拍変動・体動の検討. 第 19 回日本アレルギー学会春季臨床大会. 2007
- 19) 坂部 貢: シックハウス症候群の臨床環境医学的アプローチ. 第 38 回日本職業・環境アレルギー学会総会・学術大会. 2007
- 20) 坂部 貢: シックハウス症候群と免疫応答. 第 57 回日本アレルギー学会秋季学術大会. 2007

#### 参考文献

- 1) 菊池裕美、市辺義章、難波龍人、宮田幹夫、石川 哲: 化学物質過敏症患者の神経学的および眼科学的所見. 臨床環境医学, 9(1): 22-27, 2000
- 2) 関明彦、瀧川智子、岸玲子、坂部貢、鳥居新平、田中正敏、吉村健清、森本兼囊、加藤貴彦、吉良尚平、相澤好治: シックハウス症候群に係わる医学的知見の整理. 衛生学雑誌, 62(4): 939-948, 2007.

図-1: 測定により得られる波形と測定項目



D1: 刺激前瞳孔径  
 D2: 刺激後の瞳孔最小径  
 $CR$ : 縮瞳率  $[(D1-D2)/D1]$   
 T1: 潜時  
 T3: 最大縮瞳点までの時間  
 T5: 63%散瞳時間  
 vc: 最高縮瞳速度  
 vd: 最高散瞳速度

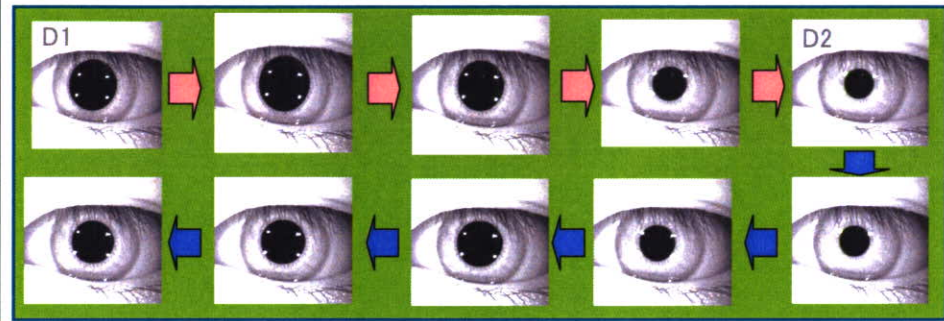
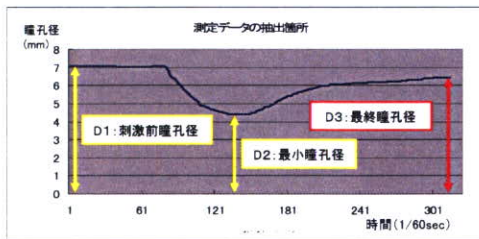


図-2: データの抽出箇所・検討項目



使用機器 C7346では、  
 瞳孔径を示すパラメータは  
 刺激前瞳孔径(D1)最小瞳孔径(D2)のみ。

- ・ 今回新たに測定終了時の瞳孔径より、光刺激後の瞳孔の戻りを見るために瞳孔径(D3)を設定し、瞳孔径の変化に着目。
- ・ 新たに用いたD3の値から瞳孔径の戻り率を算出し検討。
- ・ 使用パラメータ  
 刺激前瞳孔径: D1、最小瞳孔径: D2、測定終了瞳孔径: D3  
 縮瞳率:  $CR = \{(D1 - D2) / D1\} \times 100$   
 戻り率 (%) =  $100 - \{(D1 - D3) / D1\} \times 100$

図-3:初回測定時(D1・D2・D3)の比較

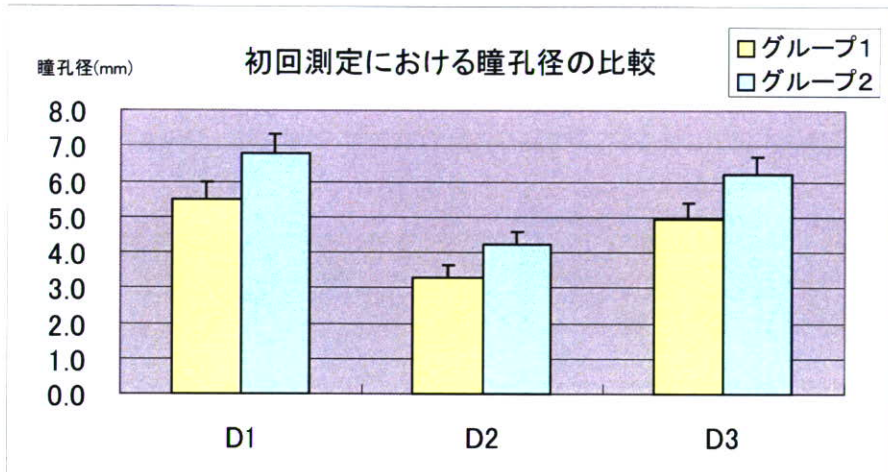


図-4:縮瞳率・T5(63%散瞳時間)の比較

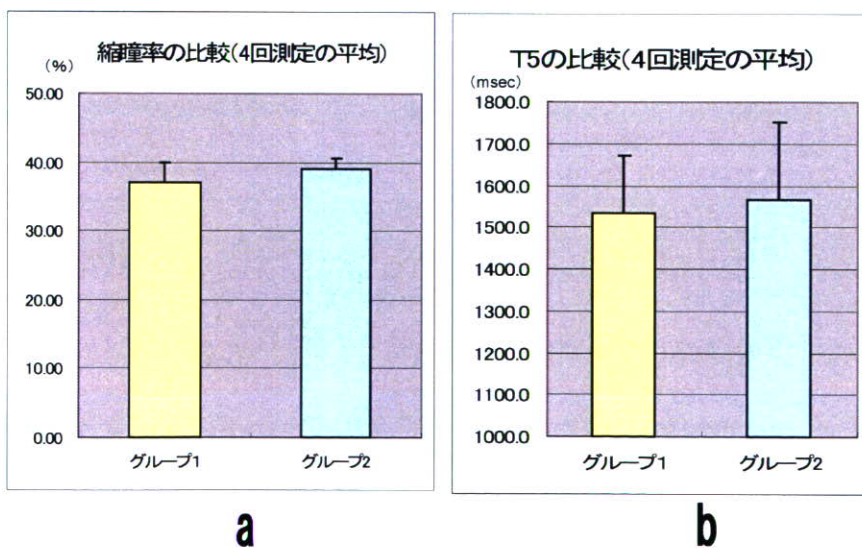




図-5: 刺激前瞳孔径(D1)の比較

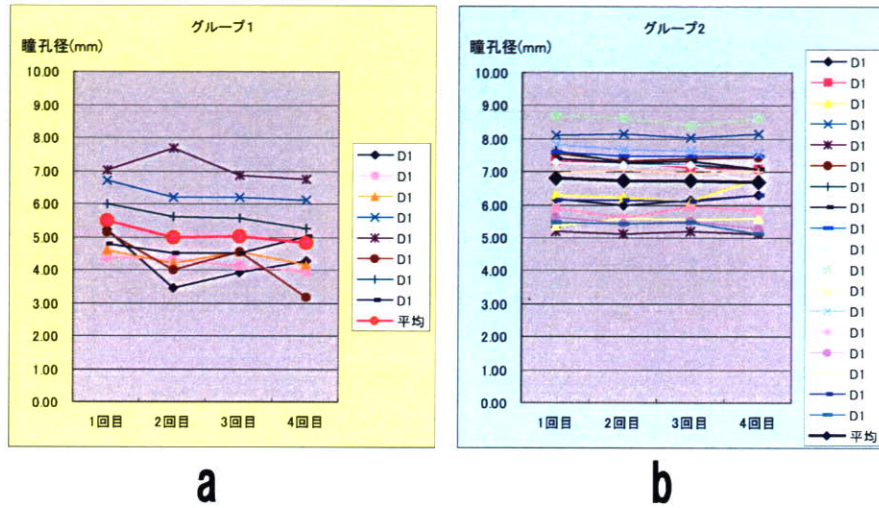


図-6: 縮瞳率の比較

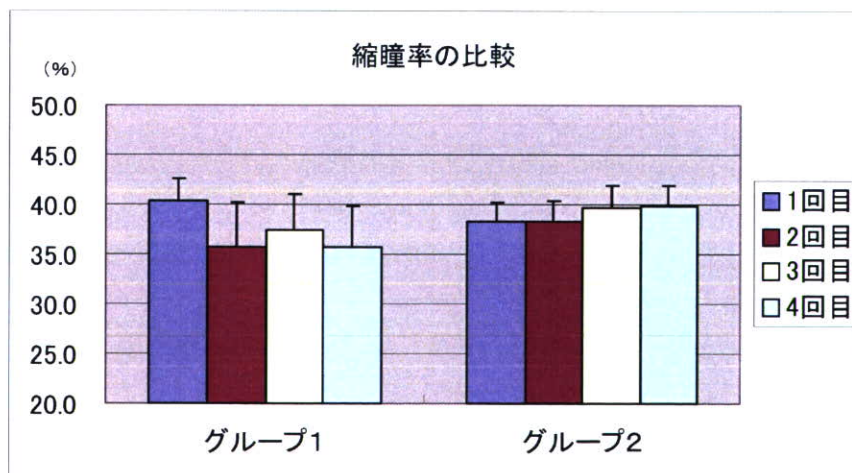


図-7: 戻り率の比較

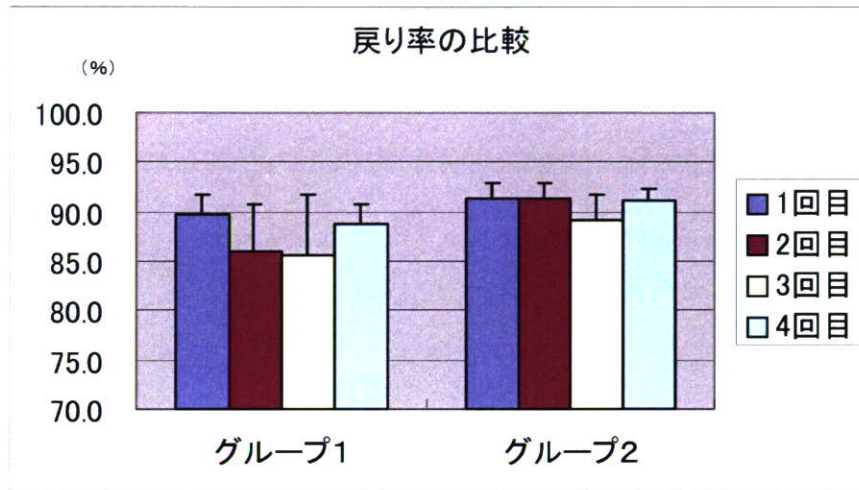
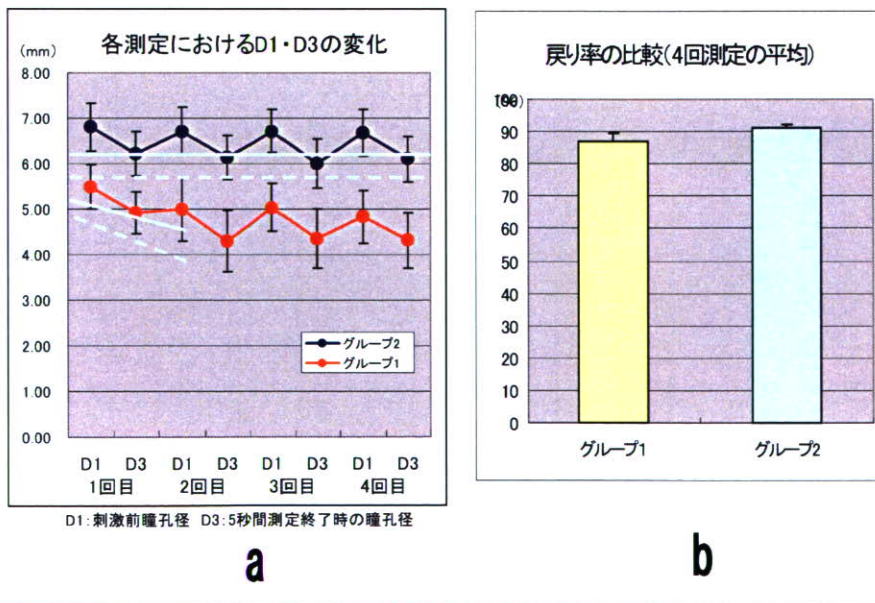


図-8: 各測定 of 瞳孔径の変化と戻り率の比較



## 結論

グループ1:発症原因が有機リン化合物  
グループ2:発症原因が有機溶媒、ホルムアルデヒド曝露等

- ・ 初回測定 of 瞳孔径は、グループ1はグループ2に比べ、測定中 D1・D2・D3 の全てで小さく、縮瞳率・63%散瞳時間には差がみられなかった。
- ・ 測定時・刺激前瞳孔径(D1)の各回の測定値をプロットしたところ、グループ1は $0.66 \pm 0.63\text{mm}$ と変化が見られたが、グループ2では $0.12 \pm 0.28\text{mm}$ と安定していた。
- ・ 4回測定 of 縮瞳率・戻り率もグループ1はばらつきが見られたが、グループ2では安定していた。
- ・ 瞳孔径が安定しているグループ2の戻り率(90.84%)は高く、瞳孔径が変化しやすいグループ1では戻り率(87.37%)が低いことがわかった。
- ・ インターバル1分で瞳孔が元の大きさに戻れない、戻り率が低いこの所見は、発症原因による差が考えられ、病態生理学的に有用な指標となる可能性が示された。



平成 19 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

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2年目のため、(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、実証実験施設の化学物質の測定と体感評価検討を行った。(2) シックハウス症候群に関する相談を受ける立場の保健所・自治体職員対象の教育プログラムを試行した。(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) 化学物質に敏感な人達（ハイリスク・グループ）を見出し環境改善型予防医学を効率的に実践するための自己診断方法の開発を試みた。

**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。

本年度は研究期間の2年目として、ケミレスタウンの実証実験施設の一年間の室内化学物質の測定及び体感評価の試行、シックハウス症候群に関する相談を受ける立場の保健所・自治体職員対象の教育プログラムの試行、ケミレスタウンプロジェクトの認知向上活動（市民講座や国内外での学会の普及活動）、化学物質に敏感な人達（ハイリスク・グループ）を見出し環境改善型予防医学を実践するための自己診断方法の開発の試みをおこなった。

**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室内の化学物質濃度測定と体感評価：116種の化学物質の室内濃度の測定を春・夏・秋・冬の4回各実証実験棟にて行い、体感評価をした。
- 2、シックハウス症候群に関する相談を受ける立場の保健所・自治体職員対象とした教育プログラムを2008年2月20日にケミレスタウン内で施行した。

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がし、アンケート調査により効果について検討した。

4、化学物質に敏感な人達（ハイリスク・グループ）を見出し環境改善型予防医学を効率的に実践するための自己診断をパソコン上で行える方法の開発を試みた。

（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「環境化学物質のヒトの曝露および影響に関する調査（ケミレスタウンを用いた調査研究）」（実施責任者：森 千里）にて承認済みで、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整備が進められ、各施設内の春・夏・秋・冬の室内の116種の化学物質濃度測定を行い、厚生労働省の指針値未満である事と、各実証実験施設による揮発性化学物質の濃度パターンを解析できた。また、体感評価試験において、Total VOC濃度の削減にて症状改善が見られることが判明した。

2、2008年2月20日にケミレスタウン内で、シックハウス症候群に関する相談を受ける立場の保健所・自治体職員対象とした教育プログラムを化学物質測定とそのデータが示すものを行うと同時に、本プログラムに関するアンケート調査を行い、報告書をまとめた。（詳細な内容は、著書(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、国内外発表でのパンフレット・ビデオ及び著書(1)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ケミレスタウンの認知レベルが上昇した。（詳細な内容は、論文(1)及び著書(1)参照）

4、化学物質に敏感な人達（ハイリスク・グループ）を見出し環境改善型予防医学を効率的に実践するための自己診断をパソコン上で行える方法のプロトタイプを作成し、現

在ケミレスタウン・テーマ棟内及び公開講座時に試行し、アンケート結果から環境改善型予防医学および敏感度の高い人の意識改革に役立つ結果が得られている。

### D. 考察

本年度は、研究の2年目にあたり実証実験施設の整備から、各実証実験棟の室内化学物質濃度測定とそのデータのファイリング、体感評価による室内環境と症状の出現に関する関係、さらには、厚生労働省の指針値に示されていないシックハウス症候群誘発の可能性がある揮発性化学物質などの所見が取れ始めた。また、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、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、本年度開発したケミレスタウンを用いての人材育成プログラムの改善と普及をすすめ、また室内の揮発性化学物質に対する敏感度をセルフチェックするシステムを改良しケミレスタウンと結びつけた環境改善型予防医学の普及・実践システムの試行を進める。

### E. 結論

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のための研究の2年目として、環境改善型予防医学の適応によりシックハウス症候群の予防が可能であること、また「ケミレスタウンプロジェクト」が実証的対応システム構築の上で有用である事が明確になってきた。

### F. 研究発表

#### 1. 論文発表

(1) Nakaoka H, Todaka E, Watanabe K and Mori C : Chemi-less town project to prevent sick building syndrome: from the view of the environmental preventive medicine using sustainable health town by decreasing the use of chemicals. Proceedings I of The 6th International Conference on Indoor Air Quality,

Ventilation & Energy Conservation in Buildings, 541-547, 2007.

- (2) Ohmichi K, Matsuno Y, Miyaso H, Yamamoto H, Toriuchi M, Shimane M and Mori C: Pilot study of a dissection table equipped with a photocatalytic device that decomposes formaldehyde for gross anatomy laboratory. *Journal of Occupational Health*, 49: 499-503, 2007.

## 2. 著書

- (1) 森 千里, 戸高恵美子:へその緒が語る体内汚染 -未来世代を守るために-, 技術評論社, 2007  
(2) 次世代環境健康学プロジェクト報告書 平成 20 年 3 月、ISBN4-903221-03-2

## 3. 学会発表

国際学会

- (1) Todaka E and Mori C: Sustainable health town by decreasing the use of chemicals - To prevent sick building syndrome. *International Congress of Toxicology* (July 15-19, 2007. Montreal, Canada)

国内学会

- (1) 森 千里, 戸高恵美子, 深田秀樹, 松野義晴, 中岡宏子: 化学物質の影響対策としての環境改善型予防医学の実践:「ケミレスタウン・プロジェクト」について、第 19 回日本アレルギー学会春季臨床大会 (Jun. 10-12, 2007、横浜)

- (2) 戸高恵美子, 中岡宏子, 渡辺久美子, 森 千里: 「ケミレスタウン・プロジェクト」の取り組み—サステイナブルな社会の実現を目指して (第 2 報)、第 16 回日本臨床環境医学総会 (July 7-8, 2007 東京)

- (3) 中岡宏子, 齋藤育江, 坂部 貢, 戸高恵美子, 松野義晴, 田中裕貴, 渡辺久美子, 森 千里: シックハウス症候群の原因物質を極力削減した実験施設完成後 1 ヶ月時点での空気測定と体感評価について、第 16 回日本臨床環境医学総会 (同上)

- (4) 森 千里: 未来世代の健康を基準とした環境改善型予防医学 (Sustainable Health Science): 化学物質汚染問題を例として、第 57 回日本アレルギー学会秋季学術大会 (Nov. 1-3, 2007、横浜)

## G. 知的財産権の出願・登録状況

その他: Chemiless を商標登録、2007。

平成 19 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 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻  
瀧原 直也 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環境学科  
吉野 秀明 前・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 7 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、指針値の超過率は年々減少し、本年は 0%であった。VOC の超過率も 30%と低い値となった。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、今後とも注意が必要である。

#### 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、を実施した。本稿では、2007 年度の調査事例 7 軒の集計結果と 8 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：7 軒）を対象として実施した。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5月から11月とした。

この調査は2000年度から行っており、調査軒数は2007年を含めて62軒(延べ111軒)となった(表1)。そのうち30軒では追跡調査を行っており、その内訳は2ヶ年:20軒、3ヶ年:5軒、4ヶ年:3軒、6ヶ年:2軒となっている(表2)。

## 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)</sup><sup>3)</sup>を用いて、0.1L/minの通気量で24時間アクティブサンプリング<sup>註2)</sup>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)<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(株)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・に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。

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東北文化学園大学大学院健康社会システム研究科、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3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(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(コーナー札幌社製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。

この他、住宅の換気量測定に関しては、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。気密測定中の様子を写真6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、「住まい手のための問診票(表4)」、「QEESI問診票(表5)<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. 2007 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 20 室）

2007 年度調査対象住宅 7 軒（20 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 6 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から、厚生労働省によって定められている室内濃度指針値を超過している測定点はなかった。

VOC については、p-ジクロロベンゼンについて 1 部屋のみ指針値を超過しており、TVOC については、20 室中 6 室で暫定目標値を超過していた。p-ジクロロベンゼン濃度が指針値を超過していた部屋については、クローゼットでの防虫剤の使用が確認されており、また、通常クローゼットの扉を閉めずに生活をしていることの影響であると考えられる。TVOC については、暫定目標値を超過した部屋すべてで、木材由来の天然成分の  $\alpha$ -ピネンが高濃度であった。

調査対象住宅の初回から最終回にかけての濃度変化については、p-ジクロロベンゼン濃度が高かった No.6 邸の寝室以外ではおおむね減少傾向にある。

今回測定した住宅は、過去に 1 度測定経験のある住宅を選択しており、前回測定時に濃度低減対策についてアドバイスしていることから、居住者の方が積極的に対策を行った効果であるといえる。

#### 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。3 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、3 軒中 2 軒である。

#### 1.3 2007 年度調査事例（3 軒）

2007 年度対象住宅の調査結果を報告する。尚、浮遊真菌濃度については、2007 年度から新たに加わった測定項目である。

##### 1.3.1 No.1 邸（表 7、図 4～8）

###### ①住宅概要：

2005 年 11 月竣工の木造 2 階建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、医師の説明で知り、建築の際には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。施工後の夏季には、該当住宅で過ごす具合が悪くなるため、3 年前に建てた母親の実家（隣家）で生活していたが、掃除・窓開け換気は頻繁に行っていた。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $3.56\text{cm}^2/\text{m}^2$  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、2007 年 8 月

③発症者：父親、母親、長男、次男

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・鼻のかゆみを訴えていたが、1 年経過後の調査では、症状は軽減しているようである。

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。現在でも住宅内の刺激臭を感じている。

⑤化学物質濃度測定結果：ホルムアルデヒドについては、初回 2006 年に全測定点において指針値を超過していたが、2007 年時調査では減少していた。VOC については、全測定点において  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$  の暫定目標値を超過していたが、初年度に  $2000\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超過する高濃度で

あった事から考えれば大幅に減少している。TVOC 濃度のうち、木材由来の天然成分の $\alpha$ -ピネンが高い割合を占めており、建材からの発生が疑われる。

全体的に初回調査時よりも濃度が減少しており、年数の経過による減少と、換気を励行する等の居住者の努力による効果であると言える。

⑥浮遊真菌濃度：調査時期が夏季であり、外気の影響を受けている事を考慮しなければならないが、測定点の中で最も濃度が高いのは床下であり、室内への影響はそれほどなかった。床下の濃度は、夏季であることから土壌真菌による影響であると考えられる。真菌の種類は、ペニシリウムの検出率が高い。

⑦QEESI：10歳未満である、長男、次男のQEESI問診票の回答は、母親が代わりに回答した。母親は、症状の合計点数が初回調査から最終回調査にかけて52点から13点に、長男は19点から9点と減少している。

⑧他覚的臨床検査：臨床検査は実施していない。

⑨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。竣工後1年目の夏季には、体調不良が生じ、対象住宅での居住が困難になったが、現在は体調も回復し、対象住宅に居住している。濃度も減少し、体調も回復しているため、今後も換気を励行するとともに、住宅内への持ち込み品などに十分注意して生活をしていく必要がある。

### 1.3.2 No.5 邸 (表 8、図 9~13)

①住宅概要：2003年7月竣工の木造2階建戸建住宅に2004年4月15日に入居。竣工から入居までは24時間換気システムは常時運転し、週に2、3回、窓開け換気と掃除をしに行っていた。

シックハウスと化学物質過敏症に関しては、子供たちがアレルギーで通院していた医師により説明を受けた。建売住宅のため、建材などには特に配慮はしなかったが、業者からは「F☆☆☆☆を取り扱っているので大丈夫」との説明があった。しかし、詳細は不明である。入居から、現在まで増改築は行っていない。

単位面積あたりの相当隙間面積は、 $3.19\text{cm}^2/\text{m}^2$ 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：2005年9月、2007年9月

③発症者：母親

④症例経過：居住者は父親、母親、長女、長男。ほぼ全員になんらかの症状が出ている。発症者は母親で、入居数日後に起き上がることが困難なほどのひどい眩暈と吐き気、頭痛の症状を発症した。以前に比べると快方に向かっているものの、現在も多少継続している。母親はもともとアレルギー性皮膚炎の症状がある。長女には、元々湿疹の症状があり、現在は食事療法により快方に向かっている。入居直後から咳の症状があり、現在も続いている。長男は、元々湿疹と咳の症状があり、長女と同様に湿疹は食事療法により、快方に向かっている。

母親が入居後眩暈と吐き気と頭痛の症状が現れ、医師に相談し、2005年の測定に至った。

⑤化学物質濃度測定結果：ホルムアルデヒドについては、初回調査、最終回調査ともに指針値を超過する測定点は無かった。VOCについては、初回調査時に高濃度で検出された酢酸エチル減少していたが、最終回調査時に高濃度のp-ジクロロベンゼンが検出され、暫定目標値を超過していた。集成材、ワックス等建材に発生源を持つ酢酸エチルは、年数の経過により濃度が減少したと考えられるが、p-ジクロロベンゼンについてはクローゼットでの防虫剤の使用が確認された。

⑥浮遊真菌濃度：調査時期が夏季であることを考慮しなければならないが、床下においてペニシリウム  $600\text{CFU}/\text{m}^3$ 、クラドスポリウム  $280\text{CFU}/\text{m}^3$  の高濃度の真菌が検出された。

⑦QEESI：10歳未満である、長女、長男のQEESI問診票の回答は、母親が代わりに回答した。母親は、症状の合計点数が初回調査から最終回調査にかけて39点から38点と現状維持、長女は15点から33点と増加している。長女においては、皮膚症状、情緒障害の悪化が顕著であった。

⑧他覚的臨床検査：臨床検査は行っていない。

⑨総括：発生源が建材と考えられる化学物質濃度は減少していたのに対し、居住者の持ち込み品(防虫剤)使用によりp-ジクロロベンゼンが高濃度で検出されるという結果となった。ヒ

アリング調査では改善したような印象を持ったが、QEESI 問診票による調査では居住者の症状が持続、悪化しているという結果がみられた。

### 1.3.3 No.7 邸 (表 9、図 14~18)

#### ①住宅概要：

2005 年 12 月竣工の木造平屋建て戸建住宅に竣工後間もなく入居。シックハウスについては設計士から聞いていた。特に配慮はしなかったが、建築中に長男がアレルギーということが発覚し、急遽医師の指導で畳については対策品を用いた。換気は第三種換気システムであり、常時運転している。窓明け換気は夏に頻繁におこない、風とおりも良い。サイドボードと扉がすべて合板製であった。現在寝室は臭いがきついということで物置になっており、子供室を寝室として利用している。

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、2007 年 9 月

③発症者：長男 (4 才)

④症例経過：居住者は父親、母親、長男の 3 人。両親は入居から半年間は常時刺激臭を感じていたが、換気により時々感じる程度に軽減した。長男は住宅建築中に食物・ダニアレルギーを発症。入居 7 ヶ月後には症状が悪化した。現在快方に向かっている。特に夏に症状が悪化する。

⑤化学物質濃度測定結果：ホルムアルデヒド、VOC 濃度ともに減少傾向にある。ホルムアルデヒドについては、初年度調査時に物置部屋にて指針値を超過しており、閉めきることが多いこと等が影響していると推測される。最終回調査時には、年数の経過とともに濃度が減少したと考えられる。

TVOC については、初回、最終回ともに、暫定目標値を遥かに超過する高濃度であった。大部分を木材由来の天然成分である  $\alpha$ -ピネンであった。

全体的に初回調査時よりも濃度が減少しており、年数の経過による減少と、換気を励行する等の効果であると言える。

⑥浮遊真菌濃度測定結果：浴室でペニシリウム

$440\text{CFU}/\text{m}^3$ 、クラドスポリウム  $560\text{CFU}/\text{m}^3$  の高濃度の真菌が検出された。

⑦QEESI：10 歳未満である、長男の QEESI 問診票の回答は、母親が代わりに回答した。母親は、症状の合計点数が初回調査の 0 点から最終回調査の 12 点に増加、長男は 10 点から 3 点と減少している。母親については、2007 年 9 月にイネ科アレルギーを発症し、気管・粘膜症状、認識障害が見られるようになった。

⑧他覚的臨床検査：臨床検査は実施していない。

⑨総括：初回調査時以降、窓開け換気、換気扇の使用により、濃度低減対策を行ったことが効果を発揮した。

## 2. 追跡聞き取り調査結果

2000 年~2007 年にかけて、62 軒に対して室内環境調査ならびに居住者の健康状態に関する調査を行っているが、62 軒中 30 軒に対しては、初回調査時と同じ内容 (年度により若干の変更あり) の調査を実施している (以下、追跡実測調査とする)。今年度、追跡調査を実施していない住宅に対して、住環境、症状の変化について電話による簡単な聞き取り調査を行った (以下、追跡聞き取り調査とする。追跡実測調査、追跡聞き取り調査をあわせて追跡調査と表記する。)

SHS 発症者が居住する 36 軒 (追跡実測調査実施 30 軒含む) の住宅ける追跡調査結果を示す。

### 2.1 症状の変化 (図 19)

SHS 発症者がいる住宅における、症状の変化を図 4 に示す。発症者の症状が「改善」したと回答した住宅が 36 軒中 10 軒 (27.7%)、「改善傾向 (一部症状が改善、または改善傾向にある状態)」にあると回答した住宅が 36 軒中 18 軒 (50.0%)、症状が持続している「変化なし」と回答した住宅が 7 軒 (19.4%)、症状が「悪化」したと回答した住宅は 1 軒 (2.7%) であった。

年数の経過に伴い、自然と症状が改善した居住者が大半を占めるが、未だに症状が持続、悪化している居住者も存在する。症状が持続している 7 軒については、臨床検査結果より化学物質過敏症 (以下、MSC) 疑いである住宅が 4

軒、MCS様の症状を訴えている住宅が2軒あり、住宅内で発生する微量の化学物質にも反応してしまっていることが推測される。1軒の悪化事例については、近所で農薬散布が行われたことが原因である。

また、「改善・改善傾向」と回答した住宅においても、住宅内で症状の発現頻度は減少したが、その後、新しい家具に頭痛や吐き気などを感じる、新しい建物で症状を訴えるようになったという居住者も多く見られる。

## 2.2 シックハウス対策と居住者の症状の変化(図20)

初回調査から今回の調査の間に、何かシックハウス対策を施しているか否かについて質問した。結果を図20に示す。

対策の内容としては、「換気の励行」「掃除の励行」等の日常的な行為から、空気清浄器の設置、リフォーム(建材、換気設備)などの積極的な環境改善や、医師の協力の下での、食事療法、薬の服薬等様々である。これらの対策を数種類あわせて実施している住宅もある。

対策毎に居住者の症状の「改善・改善傾向」事例数、「持続・悪化」事例数を表記している。SHS患者宅で行っている対策として、最も多かった「換気の励行」については、29軒中23軒で「改善・改善傾向」を示しており、実行しやすく効果が現れやすい対策であると言える。次に多かった「薬品・家具などの除去、持ち込む際の配慮」では、防虫剤・殺虫剤・ワックスなどの生活薬剤用品の使用中止、家具の廃棄、化学物質発生をしにくい家具を搬入する等の対策を行い、10軒中7軒で症状が「改善・改善傾向」を示した。

その他の対策でも、改善傾向を示す住宅が多く、それぞれの対策の有効性が確認された。

## 2.3 追跡実測調査結果 (図21~22)

図21、22は継続的に室内環境調査を行った30軒81室におけるホルムアルデヒド、TVOC濃度の経年変化を示している。どちらも減少傾向が著しいことが分かる。ホルムアルデヒドについては、一部の住宅において、濃度が最終回調査時に上昇していた。これらの住宅の中には、新しい家具を設置した部屋や物置部屋で換気が行われていなかった部屋等があり、その影響によるものと考えられる。TVOCについても

一部の部屋で極端な上昇傾向が見られるが、これはアンケート調査により防虫剤の使用によるものだということが確認された。生活用品における化学物質の使用を抑えた住宅は、大幅な減少傾向が見られた。また、点線で示したグラフは、改装(換気システム・内装材の変更)を行った住宅を示しており、対策による濃度の減少効果が分かる。

## 3. ケース・コントロールスタディ

2000年~2007年度の調査結果に基づき、居住者の在室時間を考慮した化学物質の健康への影響に関して、統計的手法を用いて検討した。

### 3.1 分析対象

2000年から2007年の8年間に渡って調査を行い、238名(述べ413名)の協力が得られた。住宅における在室時間についての質問は2001年より開始したため、この後の統計的解析では在室時間に関するアンケート回答者219名について検討する。219名について、シックハウス症候群(以下、SHS)か否かの判定を現場調査員による詳細な問診と現場の印象から、下記の条件を基に判定を行った。

まず、「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を必須条件とし、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・搬入状況等)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219名のうち症状の発症原因が住環境によるものであると判断されたものが98名(44.7%)であった。このグループには前述のとおりリフォーム中、入居後直後・1週間・1ヶ月・1年後などに症状が悪化もしくは発症した居住者が多い。次に、発症原因が住宅以外にあると判断されたものが44名(20.1%)であった。このグループには、学校で体調が悪くなる例や屋外の殺虫剤で体調が悪くなる例(ともに当該住宅では症状が軽減)

や、症状の発生が住環境によるものと判定するのが困難な例などが含まれる。残りの 77 名 (35.2%) は特に自覚症状がなく正常であると考えられた。住宅以外が発症原因と考えられる 44 名については、住宅が発症原因のグループと症状が類似している部分が多く、結果に影響すると考えられるため、除外して検討する。以後の分析では、住宅が発症原因である 98 名を「SHS」群、自覚症状のない 77 名を「control」群として解析を行う。

### 3.2 分析結果

SHS 群、control 群居住者が曝露している濃度を t-検定により比較した。指針値が策定されている 6 物質と TVOC について図 23 にまとめたが、全ての物質で SHS 群のほうが高い濃度に曝露しており、また、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、TVCO については統計的に有意であった。

また、VOC7 類についても同様に検討を行ったところ、芳香族炭化水素類、ハロゲン化炭化水素類にて、統計的に有意に SHS 群のほうが高濃度の環境下にいることがわかった。以上の結果より、これらの物質が SHS 症状を誘発している可能性がある。

QEESI 問診表の症状項目に基づいて SHS 群、control 群両群の症状尺度の得点の比較を行った (図 24)。全症状において「SHS」群は「non-SHS」群と比べ平均点が高く、特に皮膚症状・気管粘膜症状の点数が高かった。室内における化学物質曝露の方法として、皮膚接触、経気道曝露が多いためであると考えられる。

### 3.3 居住者の在室時間を考慮した分析

居住者の在室時間について考慮した 1 週間の積算曝露濃度を算出し、症状の発症との関連について分析する。

解析手法については、多変量ロジスティック回帰分析を用いる。多変量ロジスティック回帰分析では、目的変数に症状の発症の有無を用い、説明変数として、値で「超過/以下」に 2 分した積算曝露濃度を用い解析し、オッズ比 (OR: odds ratio) を算出する。統計処理には、SPSS12.0J を用いた。

### 3.3.1 積算曝露濃度算出方法

解析に用いる化学物質の積算曝露濃度は、居住者ごとの在室時間の違いを考慮して、居住者宅で測定した化学物質濃度とアンケートより得られた居住者の平日・休日の在室時間から、「週間積算曝露濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )」を算出し、それぞれの症状との関連について検討した。「週間積算曝露濃度」は、(1) 式により算出した。

$$C_{\text{week}} = C \times T_{\text{week}} \cdots (1)$$

$C_{\text{week}}$ : 週間積算曝露濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )

$C$ : 化学物質濃度測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$T_{\text{week}}$ : 居住者の 1 週間の在室時間 (h)

$\times T_{\text{week}} =$  平日の在室時間 (h)  $\times 5$  (日)  
+  
休日の在室時間 (h)  $\times 2$  (日)

### 3.3.2 分析結果

#### (1) SHS の発症に影響する化学物質

指針値 6 物質と TVOC について週間積算曝露濃度を算出し、SHS 群と control 群の両群において、平均値を t-検定により比較した。結果を図 25 に示す。control 群に比べて SHS 群で有意に濃度が高かった物質は、ホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼンと TVOC であった。

アセトアルデヒドも有意差は無かったが、SHS 群の方が高濃度の環境下で生活している事がわかる。

次に、SHS の発症に影響する化学物質濃度を求めるために、週間積算曝露濃度を説明変数に用いて多変量ロジスティック回帰分析を行った。解析結果を表 10 に示す。解析においては、説明変数として用いた化学物質濃度の中で、キシレンとエチルベンゼンの相関が高かったため、キシレンを省いて解析を行った。キシレンを含む市販品は通常エチルベンゼンも含まれているためであると考えられる。統計的に有意に発症に影響する物質は、ホルムアルデヒド、エチルベンゼンであった。

また、トルエンについては、有意に発症リスクを軽減するという結果であった。トルエンは、接着剤や塗料の溶剤、および希釈剤等として、通常は他の溶剤と混合して用いられ、発生源としては、内装材などの施工用接着剤、塗料等か



らの放散であるが、この用途と発生源はキシレン、エチルベンゼンとほぼ同じであり、解析対象ではエチルベンゼンを用いている住宅が多かったためにこのような結果になった可能性がある。

#### (2) 気管・粘膜症状の発症に影響する化学物質

(1) の解析と同様に、目的変数を「気管・粘膜症状の発症の有無」として、多変量ロジスティック回帰分析を行った。解析結果を表 11 に示す。エチルベンゼン濃度が発症に有意に影響していた。

#### (3) 皮膚症状の発症

(1)、(2) の解析と同様に、目的変数を「皮膚症状の発症の有無」として、多変量ロジスティック回帰分析を行った。解析結果を表 12 に示す。

統計的に有意に発症に影響する物質は、ホルムアルデヒドであった。また、トルエン・p-ジクロロベンゼンについては、有意に発症リスクを軽減するという結果であった。トルエンは、接着剤や塗料の溶剤、および希釈剤等として、通常は他の溶剤と混合して用いられ、住宅内で推測される発生源としては、内装材などの施工用接着剤、塗料等からの放散であるが、この用途と発生源はキシレン、エチルベンゼンとほぼ同じであり、解析対象ではエチルベンゼンを用いている住宅が多かったという可能性がある。

### D. 考察と結論

2007 年度シックハウス追跡調査結果、ならびに居住者の在室時間を考慮した SHS の発症に影響する化学物質について検討した。

・シックハウス対策としては、換気の励行、持ち込み品の配慮により、濃度の低減と症状の緩和が認められた家庭が多かった。

・居住者の在室時間した週間積算曝露濃度を算出し、症状の発症状況との関連について多変量解析した結果、ホルムアルデヒド、エチルベンゼンが有意に発症リスクを高めるといった結果が得られた。

追跡調査では、シックハウス症状が改善したものの、それ以後新しい家具を購入できなくなったなど、化学物に敏感になったという例も多く確認された。やはり新築時に極力使用を控え

るなどの「予防」が必要である。

耐久性、変質を防ぐため、仕上がりの美しさ、コストなどの面から、現在住宅内で化学物質を使用せずに住宅を建造することは困難である。しかし、便利だからと多用することにより、居住するものの健康を害することがあってはならない。また、建材からの発生だけではなく、居住者自身が住宅内に持ち込む家具、掃除薬品などからの発生も疑われる。

居住者自身が、化学物質の影響について正しく認識し、使用について十分注意していく必要がある。

### E. 研究発表（学会発表のみ）

1) 中村安季、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、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 12-6 年間の長期追跡調査の統計的解析、日本建築学会東北支部研究報告会、pp.75-78、2007.6

2) 吉田真理子、吉野博、中村安季、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、長谷川兼一、天野健太郎、石川哲：化学物質・微生物等の住環境と居住者の症状に関する実態調査、第 16 回日本臨床環境医学会総会抄録集、pp.42、2007.7

3) 吉野博、吉田真理子、角田和彦、池田耕一、野崎淳夫、北條祥子、柁津紘司、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の症状に関する長期追跡調査、臨床環境医学、第 16 巻、第 1 号、pp38-50、2007.7

4) 中村安季、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、長谷川兼一、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 13-60 軒の住宅に関する統計的解析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp893-894、2007.9

5) 吉田真理子、吉野博、中村安季、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、長谷川兼一、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 14-秋田県における 2006 年度室内環境調査結果-、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp895-896、2007.9

- 6) 中村安季、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、石川哲：シックハウスにおける居住環境と居住者の健康に関する調査研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp465-468、2007.9
- 7) Aki Nakamura, Hiroshi Yoshino, Mariko Yoshida, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano, and Satoshi Ishikawa :FIELD SURVEY AND STATISTICS ANALYSIS ON IAQ, BUILDING PERFORMANCE AND OCCUPANT'S HEALTH OF 60 HOUSES IN JAPAN, The 6<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, 2007.10, pp535-540
- 8) 中村安季、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、石川哲：60 軒の住宅における居住者の健康と居住環境に関する調査研究、第 16 回室内環境学会総会講演、pp.150-pp.151、2007.12
- 9) 吉田真理子、吉野 博、中村安季、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：居住者の在室時間を考慮した化学物質濃度の健康への影響に関する統計的解析、第 16 回室内環境学会総会、pp.148-pp.149、2007.12

#### 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で、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。

注 2) 2000～2006 年までは 24 時間パッシブサンプリングで測定した。

#### 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, 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) 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<sup>®</sup>) 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