

査において正常範囲内である割合は、シックハウス症候群 56.5%、化学物質過敏症 51.4%を示し、各疾患群に比して異常の検出率が高いことがわかった。また、シックハウス症候群は、迷路障害性・脳障害性の比率が同程度 (1 : 1) であるのに対して、化学物質過敏症では、1 : 3 であり、中枢神経系に何らかの異常が生じている割合が多いことが示唆された (結果 2 - 3)。

視覚コントラスト感度検査結果

健常者群、アレルギー疾患群、その他の疾患群では、低～高域周波数すべてにおいて正常範囲内を示したが (結果 3 - 1)、シックハウス症候群、精神疾患群では、高域周波数領域 (16c.p.d) の平均想定値が正常範囲以下を示し、化学物質過敏症群においては、すべての領域で正常範囲の下限を示した (結果 3 - 2)。

また中毒症群では、中域 (4 ~ 8c.p.d)、高域 (16c.p.d) 周波数領域において感度低下が認められた (結果 3 - 3)。

D. 考察

健常者群とシックハウス症候群および化学物質過敏症患者群で得られた眼球運動データを解析した結果、統計学的に有意差が認められた。また少ない症例数ながらも病型別の特徴的な傾向を示唆するような結果も得られた。よって、眼球運動検査、重心動揺検査、視覚コントラスト感度検査などの神経学的検査は、本症診断の標準化に向けた価値の高い検査であると言える。

しかし今後は健常者群の幅広い年齢層での計測を行い、より詳しい比較検討を実施し、精度の高い基準値の設定、さらに症例数を重ね、患者群 (病型群毎) のデータ収集と異常の程度判定に使用できるかの検討を行う必要があると考えられる。客観的診断法の標準化について信頼おけるデータを提供するためには他疾患を対照に含め感度、特異度等の検討など継続的な研究が必要であると考えられる。

E. 結論

神経学的検査、特に神経眼科学的検査は、異常値の検出能力が高いことから、SHS の客観

的検査指標として有用であることが示唆された (結論)。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Masako Kiyono, Yuka Sone, Ryosuke Nakamura, Hidemitsu Pan-Hou, Kou Sakabe: The MerE protein encoded by transposon Tn2I is a novel, broad mercury transporter in *Escherichia coli*. FEBS lett. 2009, in press (MS#0900095 R1)
- 2) 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 294: 877-884, 2008.
- 3) 清野正子、曾根有香、中條麻澄、佐藤雅彦、中村亮介、坂部 貢: 細菌の金属トランスポーターを利用したファイトレメディエーションのためのバイオエンジニアリング 臨床環境医学, 17 (2): 108-117, 2009
- 4) 北條祥子、熊野宏昭、石川 哲、宮田幹夫、松井孝子、坂部 貢: QEESI を用いた日本の化学物質過敏症のスクリーニング用カットオフ値の設定および常時曝露化学物質の影響の検討 臨床環境医学, 17 (2): 118-132, 2009.
- 5) 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, 28:71-74, 2008
- 6) 坂部 貢、清野正子 シックハウス症候群の最近の知見と対応 医学のあゆみ, 228 : in press, 2009

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

方法-1 (1)対象および方法

- ①眼球運動検査（滑動性追従運動測定）
- ②重心動揺検査
- ③視覚コントラスト検査

両検査を実施できた20才以上65才未満の
受診者117名（男性34名、女性83名）
平均年齢 39.93±12.31才



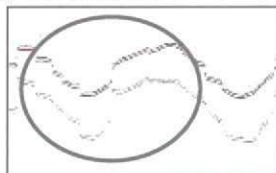
- ①健常者群 ②シックハウス症候群（SHS・SBS）
③化学物質過敏症群（MCS） ④アレルギー疾患群
⑤中毒症群 ⑥精神疾患群 ⑦その他（代謝性疾患等）の疾患群に分類

方法-2 滑動性眼球運動検査とサッケード値



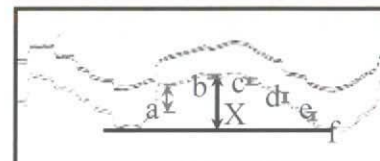
眼球運動測定装置
Permobil Meditech社製 Ober II
角膜反射法を利用し
水平・垂直方向での滑動性追従運動測定

化学物質過敏症・シックハウス症候群では…



滑らかに視標を追うことができず、
衝動性運動の成分saccadeに
置換された階段状波形

$$\text{サッケード値} = \frac{a + b + c + d + e + f}{X} \times 100$$



過去の報告より
サッケード成分の割合が25%以下を正常
サッケード成分の割合が25%以上を異常

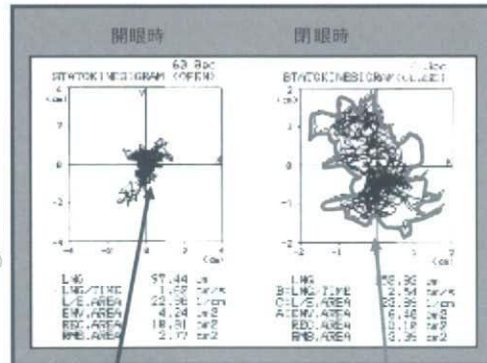
方法-3 重心動揺検査

重心動揺計における実測データ（例）

【測定装置】 アニマ社製重心動揺計
グラフィコーダGS-11

【解析項目】

LNG. 総軌跡長 (cm)
LNG/TIME 単位軌跡長 (cm/s)
L/E. AREA 単位面積軌跡長 (1/cm)
ENV. AREA 外周面積 (cm²)
REC. AREA 矩形面積 (cm²)
RMS. AREA 実効面積 (cm²)



LNG. 総軌跡長 (cm)

動揺を長さで表したもの

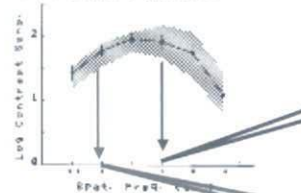
ENV. AREA 外周面積 (cm²)

動揺の外周を囲む線で包まれる面積

方法-4 視覚空間周波数特性検査(MTF)

File Name: B:CS540073.DLV
04/12/24 10:43.08

VD=1.2 S=3.00 C=1.00 A 10



mean 1.45 1.16 1.04 1.03 1.16 1.16
sd 0.12 0.10 0.08 0.09 0.12 0.12
MuRca 0 0 0 0 0 0
CRRF 0 0 0 0 0 0

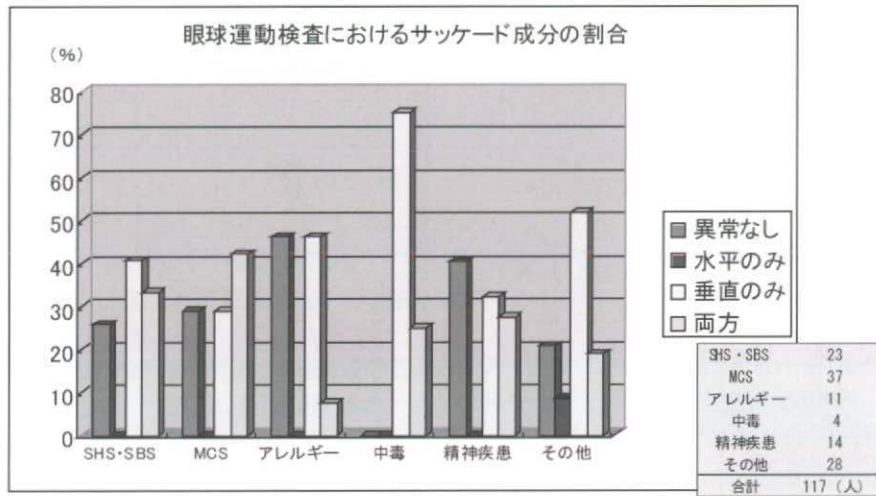


鵜飼式コントラスト感度測定装置



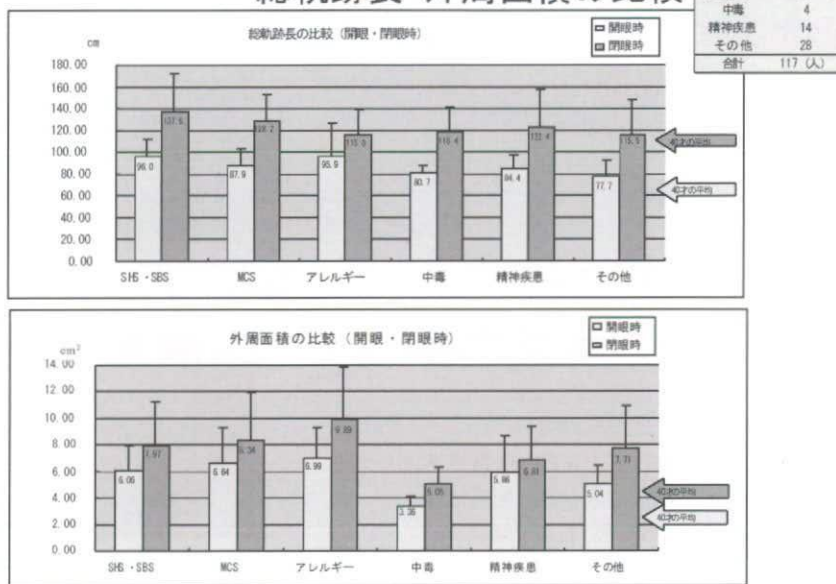
片眼ずつ(右眼→左眼)
矯正視力(1.0)となる完全矯正下にて実施
解析は練習効果などに配慮し、
1回目の測定眼:右眼を解析

結果(1) 眼球運動検査における 一波長内のサッケード成分の割合

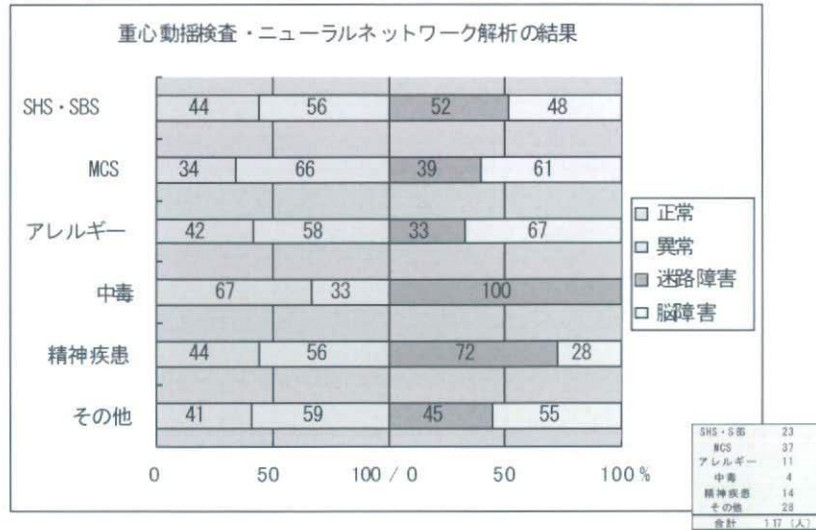


サッケード成分の割合が25%以下を正常、25%以上を異常としたときの異常の出現率を示す
シックハウス症候群・化学物質過敏症群では70%以上に眼球運動の異常が見られる

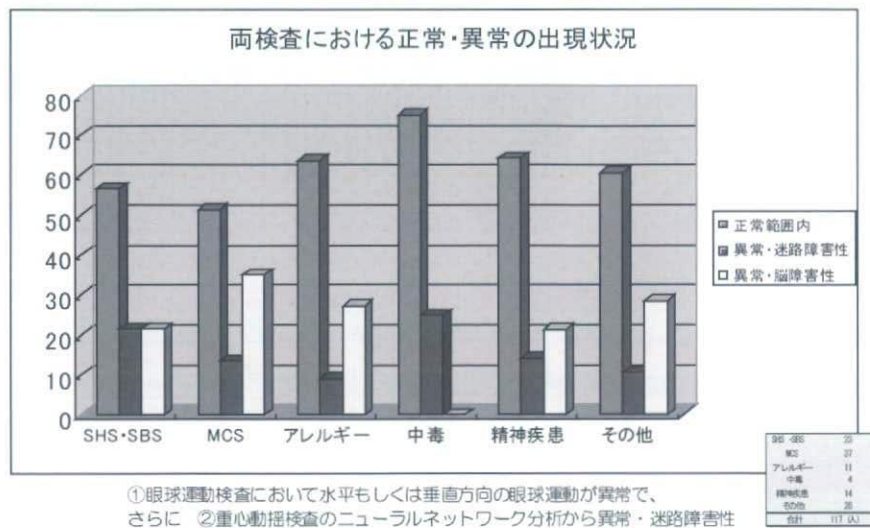
結果(2)-1 重心動揺検査 総軌跡長・外周面積の比較



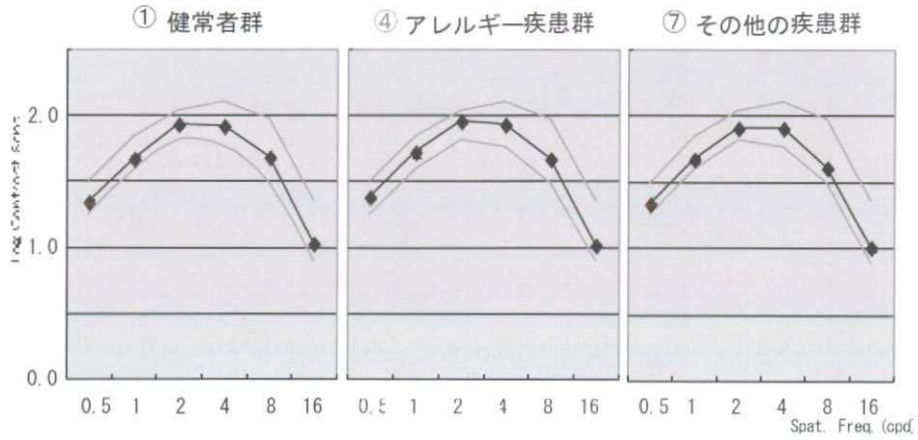
結果(2)-2 ニューラルネット分析における異常識別とその割合



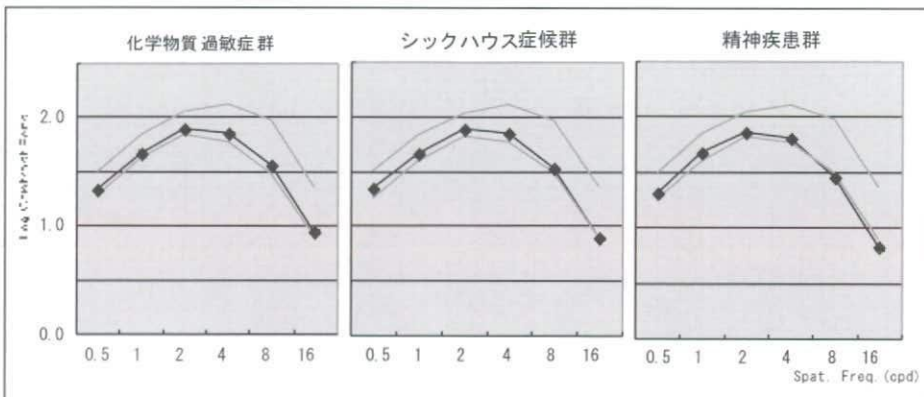
結果(2)-3 両検査(①・②)における判定



結果-3-1: 平均測定値の比較 -正常範囲内-

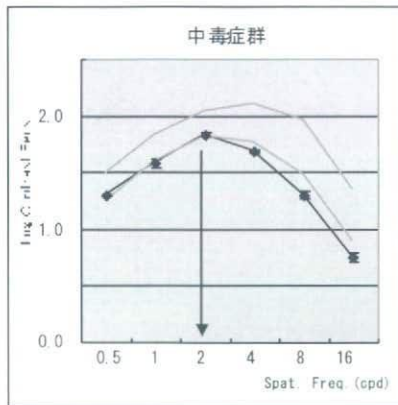


結果-3-2: 平均測定値の比較 -正常範囲の下限・高域周波領域の低下-



- ③は全ての領域で正常範囲の下限
- ②・⑥では高域周波数領域(16c.p.d.)の平均測定値が正常範囲以下

結果-3-3: 平均測定値の比較 -中・高域周波数領域の低下-



低域周波数領域 (0.5~2c.p.d.)

→ 正常の下限

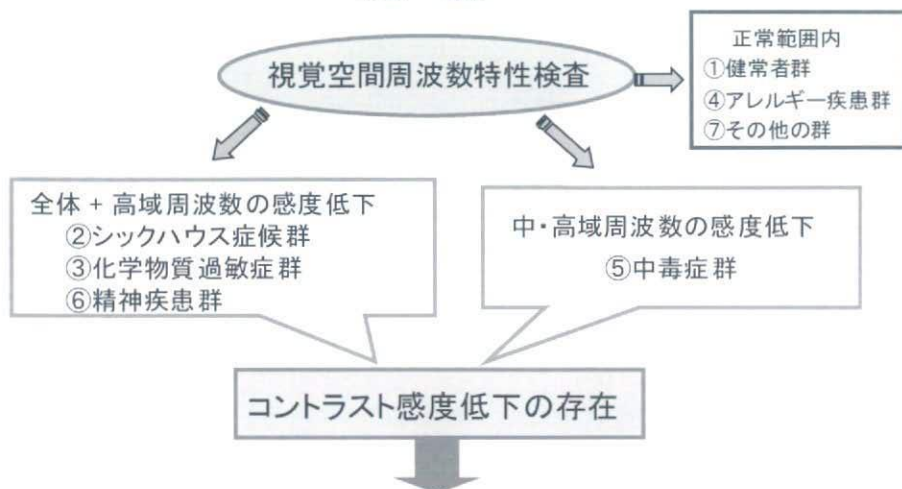
中域周波数領域 (4~8c.p.d.)

高域周波数領域 (16c.p.d.)

→ 正常範囲以下

低下がみられた群は高いコントラスト識別能力を示すべき
中域周波数領域において感度低下あり

結論



視覚空間周波数特性検査は視機能を反映した高位視覚機能評価として有効

シックハウス症候群対応の都市近郊型短期転地療養施設（ケミレスタウン）を用いた
診断・治療システムの構築およびシックハウス症候群の予防医学的対応を推進する人材の育成

研究分担者 森 千里 千葉大学大学院医学研究院 環境生命医学

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」を目指すとともに、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主目的としている。

本研究（分担研究）事業の最終年度となる本年度は、初年度（平成 18 年度）における予防医学的対応を行なう人材育成プログラム内容と中間年度（平成 19 年度）における「シックハウス症候群の予防医学的対応を行なう人材育成講座」の開催内容を踏まえ、主に保健師の方を対象に「シックハウス症候群を知っていますか？～基礎知識から人材育成まで～」と題した講座を千葉大学柏の葉キャンパス（柏市）内のシックスクール対応の教室において開催し、これまで本研究事業において得られた知見を啓発することを目的に、シックハウス症候群に対応する人材への環境改善型予防医学の重要性について公開した。また、化学物質に敏感な方（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「ケミレス必要度テスト（自己診断テスト）」についても一般の方に対して認知していただくことを目的に専門職にある保健師および行政関係者に紹介した。

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医学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。

本研究（分担研究）事業の最終年度となる本年度は、初年度（平成 18 年度）における予防医学的対応を行なう人材育成プログラム内容と中間年度（平成 19 年度）における「シックハウス症候群の予防医学的対応を行なう人材育成講座」の開催内容を踏まえ、主に保健師の方を対象に「シックハウス症候群を知っていますか？～基礎知識から人材育成まで～」と題した講座を千葉大学柏の葉キャンパス（柏市）内のシックスクール対応の教室において開催し、これまで本研究事業において得られた知見を啓発することを目的に、シックハウス症候群に対応する人材への環境改善型予防医学の重要性につ

いて公開した。また、化学物質に敏感な方（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「ケミレス必要度テスト（自己診断テスト）」についても一般の方に対して認知していただくことを目的に専門職にある保健師および行政関係者に紹介した。

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11月17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：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「ケミレス必要度テスト（自己診断テスト）」をパソコン上で行える方法の開発を行なった。

（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（平成19年度報告内容と同様の知見を得た）。さらに、同施設内において、特定物質濃度を揮発する「発生源調査」を行うことで、化学物質濃度に関する指針値（基準値）が定められる13種以外の未規制物質（13種の代替品）についても

ヒトへの影響を含めた検証が必要であるという知見を得た。

2、2008年11月17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い、報告書をまとめた。（詳細な内容は、著書（1）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、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「ケミレス必要度テスト（自己診断テスト）」をパソコン上で行える方法の開発を行なった。この調査は、従来のQESSI試験を改変した化学物質敏感調査の簡略版と、化学物質に曝露して何らかの症状が発症する既往歴調査の結果を組み合わせ、ケミレス必要度（判定結果）について個々（調査回答者）にその必要度をフィードバックした。

D. 考察

本研究事業最終年度の本年度は、これまでの2年間の研究によって得られた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を踏まえ、環境改善型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主目的としている。特に、3年間の継続的な研究成果から、シックハウス症候群に対応する保健師および行政担当者への認知レベルを向上させることができたと思える。また、ケミレス必要度テストの実施によって、従来のQESSI試験を改変した化学物質敏感調査の簡略版と、化学物質に曝露して何らかの症状が発症する既往歴調査の結果を組み合わせ、ケミレス必要度（判定結果）について個々（調査回答者）にその後の生活上の注意点を自覚して行動に移すよう促す指針となったと考える。

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3年間の研究を通して、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た。

F. 研究発表

1. 論文発表

(1) 森 千里：特集 重金属・環境汚染物質から身を守る 環境汚染化学物質の健康診断 一次世代環境健康学プロジェクト—ANTI-AGING MEDICINE 4：755-759, 2008.

(2) 戸高恵美子：特集 重金属・環境汚染物質から身を守る 身のまわりの環境汚染物質から身を守るには、ANTI-AGING MEDICINE 4：760-763, 2008.

(3) 森 千里：“ケミレス”環境医学—化学物質を削減した社会づくり はじめに、医学のあゆみ 228：747-748, 2009.

(4) 戸高恵美子, 森 千里：“ケミレス”環境医学—化学物質を削減した社会づくり 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, 医学のあゆみ 228：749-753, 2009.

(5) Mori C and Todaka E: Establishment of sustainable health science for future generations: from a hundred years ago to a hundred year in the future. Environ. Health Prev. Med., 14 (1): 1-7, 2009.

(6) 森千里, 戸高恵美子：環境改善型予防医学による化学物質問題対策—ケミレスタウンとケミレス必要度テストを用いて—。アレルギー 57：828-834, 2008.

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) 平成20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 分担研究報告書平成21年1月、ISBN4-903221-03-2 森 千里

3. 学会発表

国際学会

(1) E. Todaka and C. Mori: Attempts of environmental preventive medicine to sick build-

ing syndrome using screening test in Chemiless town. ISEE-EAC 2008 (Apr. 17-19, Korea)

(2) C. Mori and E. Todaka: Occurrence and control strategy of POPs-Japan experience. (Invited) 2008 Conference on persistent organic pollutants and dioxin (Aug. 5 Taipei, Taiwan)

(3) 森 千里：未来世代のためのサステイナブル環境健康科学（招待講演）、台日公共衛生予防医学研究会（Taipei, Taiwan）

国内学会

(1) 戸高恵美子, 齋藤育江, 中岡宏子, 渡辺久美子, 石切山幹雄, 近藤之彦, 田中裕貴, 福原敦志, 穂積正遠, 森 千里：ケミレスタウンを利用したシックスクールおよびシックオフィス対応型居室の提案、第17回日本臨床環境医学会学術集会（July 4-5, 2008 北海道）

(2) 大貫 文, 齋藤育江, 多田宇宏, 福田雅夫, 矢口久美子, 小縣昭夫, 戸高恵美子, 中岡宏子, 森 千里：新築住宅における高濃度化学物質の傾向、平成20年度室内環境学会総会（Dec. 1-2, 2008 東京）

(3) 中岡宏子, 齋藤育江, 大貫 文, 戸高恵美子, 森 千里：ケミレスタウン内に建設された実験施設の室内空気質の季節変化と家具配置による濃度上昇について、平成20年度室内環境学会総会（同上）

(4) 戸高恵美子, 齋藤育江, 大貫 文, 中岡宏子, 森 千里：床暖房に使用する断熱材から揮発するクロロエタンおよびペンタン濃度の上昇とその対応、平成20年度室内環境学会総会（同上）

(5) 齋藤育江, 大貫 文, 矢口久美子, 小縣昭夫, 戸高恵美子, 中岡宏子, 森 千里：新築住宅室内のペンタン発生源調査、平成20年度室内環境学会総会（同上）

(6) 瀬戸 博, 松田俊一, 齋藤育江, 大貫 文, 戸高恵美子, 中岡宏子, 森 千里：化学物質濃度と臭気閾値との比を用いた室内空気質の評価、平成20年度室内環境学会総会（同上）

(7) 戸高恵美子, 齋藤育江, 大貫 文, 中岡宏子, 石切山幹雄, 近藤之彦, 福原敦志, 穂積正遠, 森 千里：シックスクールに対応した教室の室内空気中化学物質の濃度の変化について、

平成 20 年度室内環境学会総会（同上）
(8) 戸高恵美子, 中岡宏子, 森 千里環境改善
型予防医学としての街づくり—ケミレスタウ

ン・プロジェクト、環境ホルモン学会 第 11 回
研究発表会 (Dec. 13-14, 2008 東京)

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

研究分担者	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	中村 安季	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻
	池田 耕一	国立保健医療科学院建築衛生部
	野崎 淳夫	東北文化学園大学大学院健康社会システム研究科
	角田 和彦	かくたこども&アレルギークリニック
	北條 祥子	尚絅学院大学生生活環境学科
	吉野 秀明	株式会社 環境技術ソリューション
	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 8 年間の調査に引き続き、宮城県内のシックハウス症候群が疑われる症例を対象として追跡調査を実施し、居住者症状と化学物質濃度の変化の観察およびそれらに影響を与える要因の検討をした。化学物質曝露による影響を受けやすいとされる低年齢群について症状への影響を検討したところ、p-ジクロロベンゼンと関連性が確認された。居住者の症状重度と化学物質濃度の経過観察を行ったところ、濃度と症状の経過は対応していることが確認され、物質毎にみると比較的短期間で放散される芳香族炭化水素類は症状とともに減少しているケースが多く、持続・悪化に影響しているケースは少なかった。逆に、ホルムアルデヒド濃度は年数が経っても減衰が少ないため、それとともに症状が持続・悪化しているケースが多く確認された。化学物質の変化量に影響を及ぼす要因を検討したところ、換気システムの有無や換気回数、窓開け換気の励行、居住者の持ち込み品への配慮が有意に濃度減少に影響していることが確認された。

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、継続的な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、長期継続的

な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、2008 年度の調査事例と 9 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

本調査は 2000 年から宮城県内のシックハウスが疑われる住宅 62 軒（継続調査：30 軒）を対象として実施した（表 1）。継続調査の内訳は 2 ケ年：19 軒、3 ケ年：6 軒、4 ケ年：3 軒、6 ケ年：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。

C. 研究結果

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浮遊真菌濃度(2007年から)③温湿度、④換気量、⑤換気システムの風量測定、⑥気密性能(④~⑥は一部の住宅)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)^{2) 3)}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^{注2)}し、アセトニトリル4mlで溶媒抽出後、HPLC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)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、溶媒抽出後、GC/MS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、尚絅学院大学生生活環境学科、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、株式会社住化分析センターに分析を依頼した。化学物質濃度の測定風景を写真1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2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^{注1)}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3に示す。

住宅の換気量測定に関しては、一定濃度法によって各室の外気導入量を測定した。測定にはマルチガスモニターとサンプラードーザー(B&K社製1302、1303)⁵⁾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、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)⁵⁾を用いて、システム給排気口の風量を測定した。換気量測定および風量測定の様子を写真4、5、6に示す。

3. 居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3)」、「QEESI問診票(表4)⁶⁾」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、保護者が代わりに回答した。

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、事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、国立大学法人東北大学個人情報保護規程により適切に処理し、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. 2008年度室内環境測定調査ケーススタディ

2008年度に調査を行った5軒のうち、今年度も含め3ヶ年にわたり調査を実施した1軒のシックハウスの経過事例を示す。

① 住宅概要 (表5) : 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、2008年10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。2007年の調査時には多少症状が継続していたが、今年度の調査ではほぼ改善したということであった。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、快方に向かっているが現在も続いている。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 (図1、2) : ホルムアルデヒドについては、初回調査、2回目調査時、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、2回目調査時に高濃度の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。しかし、最終回の測定時にはp-ジクロロベンゼン濃度も大幅に低減しており、高濃度で検出される物質はなかった。

⑥ 浮遊真菌濃度 (2008年度測定結果) (図3) : ヨーロッパのガイドライン値である「カビが多い」と判断される $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過している部屋はみられなかった。菌種は室内環境中によくみられるCladosporium、Penicillium、Alternariaが多く検出された。

⑦ 換気システムの風量測定結果 (図4) : 初回調査 (2005年)、最終回調査 (2008年) 時の風量測定結果を示す。換気システムは、それぞれの居室から機械給気を行い、浴室と台所から機械排気を行う第1種換気システムである。1、2階のトイレに局所排気ファンが設置されている。排気口風量から算出した住宅全体の換気回数は2005年は基準の0.5回/hを満たしていなかったが、今年度調査時には0.6回/hと基準を上回った。居住者によると、前回の調査時からの1年の間に業者による換気システムの点検を行ったということであった。

⑧ QEESI問診票の結果 (図5、6) : 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2回目、最終回調査にかけて39点→38点→28点と持続→改善と

いう傾向を示していた。長女は初回調査から2回目、最終回調査にかけて15点→33点→21点と悪化→改善という傾向を示していた。長女においては、初回から最終回の調査にかけて皮膚症状、情緒障害の悪化が顕著であった。

⑨ 他覚的臨床検査：臨床検査は行っていない。

⑩ 総括：初回調査時から2回目調査時にかけては、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。2回目調査時から最終回調査時にかけてはp-ジクロロベンゼン濃度が低下し、また、QEESI問診票の症状点数も減少していた。この事例では化学物質濃度とアンケートによる症状点数の推移が一致しているということが確認された。

2. 個人属性を考慮した症状程度と化学物質濃度の関係—低年齢群（年齢12歳以下の居住者）

シックハウス症候群は中毒症状とは違い極微量な化学物質によって引き起こされるものであり、個人差も大きく、化学物質濃度と発症割合、症状程度との関係を示すことは大変困難である。そこで、本研究では、個人属性を含めた居住者の症状程度と化学物質濃度の関係について分析する。ここでは、低年齢群12歳以下の居住者48名に関する分析結果を考察する。

化学物質濃度は、吉田ら⁷⁾により在宅時間を考慮した「曝露濃度」は居住者の症状の重度と正の相関があることが分かっているため、在宅時間を考慮するために、平均一日曝露濃度〔化学物質濃度×(平均一日在宅時間/24hour)〕($\mu\text{g}/\text{m}^3$)とし、症状の軽度群と中～重度群の2群間における平均一日曝露濃度についてノンパラメトリック検定(Mann-Whitney検定)を行った。症状の程度の判定にはQEESI問診票の症状合計点数の結果を用い、「軽度」群を0～19点の居住者群、「中～重度」群を20～100点の居住者群と定義した。結果を図7に示

す。p-ジクロロベンゼン、TVOC(4物質除)(指針値が策定されているトルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼンをTVOCから差し引いた値)、ハロゲン化炭化水素類、ケトン類に有意差が見られた。ハロゲン化炭化水素類の大部分はp-ジクロロベンゼンである。PRTR平成17年度のデータによると、p-ジクロロベンゼンは、家庭から排出される化学物質の31%を占めていると推定されており、その主な使用用途は衣類用防虫剤、殺虫剤、消臭剤である。本調査においても、衣類用防虫剤(p-ジクロロベンゼン系)の使用している部屋は使用していない部屋と比較して有意に高濃度であった($p<0.01$)ことから、これらの生活用品が低年齢群の居住者に何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられる。

3. 長期継続的調査結果を基にした分析結果

3.1 VOC・ホルムアルデヒド濃度と症状点数の推移

継続調査を行った22軒において、シックハウス症状が最も顕著であった居住者22名に関する、VOCおよびホルムアルデヒド濃度と症状合計点数の推移を図8、図9に示す。概ね、どの住宅も濃度の推移と症状の推移が一致している。VOC濃度が減少していても、ホルムアルデヒド濃度が持続・上昇している住宅は症状も悪化もしくは増加傾向が見られる。症状の経過について「改善」「持続・悪化」に影響している化学物質を検討するため、I. 症状「改善」かつ濃度「減少」II. 症状「持続・悪化」かつ濃度「持続・上昇」この2つ傾向を化学物質濃度と症状が関連しているとし、22軒の全過程について、各物質毎に集計した。ここで症状の変化については、QEESI問診票症状項目の症状合計点数を用い、前回との点差が-5～+100点の間の場合「持続/悪化」、前回との点差が-5より減少していた場合、症状合計点数が0点(症状なし)に変化していた場合を「改善」とした。なお、QEESI問診票の症状項目については、20点以下は「軽度」と判定されるが、ある特定の症状のみが重度の場合も存在するので、今回は20点以下でも変化観察の対象とした。濃度の変化については前回との濃度差が $-10\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim +\infty$ の場合は「継続/上昇」、

前回との濃度差が $-10\mu\text{g}/\text{m}^3$ より減少している場合は「減少」とした。ただし、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満で推移をしている場合は分析対象としない。また、TVOC・TVOC（4物質除）（指針値が策定されているトルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼンをTVOCから差し引いた値）に関しては、濃度差は $-100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を基準にし、 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満で推移をしている場合は分析対象としない。集計結果を図10に示す。図中の数値は全改善ケース（18ケース）または全悪化ケース（21ケース）中、各化学物質が関連していた割合を示している。居住者の症状「改善」時とともに濃度が「減少」していた物質として最も多かったケースはアセトアルデヒド、芳香族炭化水素類、次いでTVOCであった。芳香族炭化水素類については比較的竣工直後に短期間で放散するためと考えられる。逆に居住者の症状「持続・悪化」時とともに濃度が「持続・悪化」していた物質として最も多かったケースは脂肪族、次いでトルエン、TVOC、ホルムアルデヒドとなる。ホルムアルデヒドは2回目や3回目の濃度測定でも「持続・上昇」を示すケースが多く（図8）、それに伴い、自覚症状も「持続・悪化」していることが確認された。脂肪族炭化水素類は指針値策定物質には含まれていないが症状の「持続・悪化」と関連するケースが多かった。主に放散源として、建材や塗料の他にワックスや油性ニスなどに含有されていることが多く、居住者の生活用品によって濃度が推移していることが考えられる。

3.2 化学物質濃度の変化量と居住環境要因

シックハウス36軒に関して、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11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、11軒中8軒で症状が「改善・改善傾向」を示した。そこで、これらの居住者の行った対策および居住環境要素が化学物質濃度の変化量に及ぼす影響を与えているかどうか検討する。最終回の実測の際に問診・測定した対策および室条件、家具の購入等の有無に関して分析を行うため、ここでの濃度変化量は以下のように定義した。

・2回測定した部屋；

初回調査時濃度—最終回調査時濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

・3回以上測定した部屋；

初回調査時濃度—2回～最終回までのうちの最大濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

各対策・居住環境要素のカテゴリーごとの化学物質濃度変化量をノンパラメトリック（Mann-Whitney）検定により比較した。なお、居住環境要因はその効果を確認するために最終回のアンケート・問診結果・実測結果を採用している。結果を図12～図15に示す。機械換気を設置している住宅の部屋の方が有意にホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、TVOC、脂肪族、ハロゲン類、テルペン類の変化量の減少が大きかった。また、トルエンに関して、換気回数が0.5回/h以上の部屋の方が有意に減少量が大きかった。居住者の行った対策としては、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、ケトン類に関して、換気を励行している住宅の部屋の方が有意に濃度の減少量が大きかった。また、持ち込み家具・生活薬剤へ配慮しているかどうかでは、ホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、脂肪族、芳香族、エステル類、ケトン類いずれも配慮しているという部屋の方が有意に濃度の減少量が大きいという結果になった。生活用品の使用により影響を受けやすいp-ジクロロベンゼンやアルコール類に関しては、有意差はみられなかった。

D. 考察と結論

過去8年間の調査に引き続き、宮城県内のシックハウス症候群が疑われる症例を対象として追跡調査を実施し、居住者症状と化学物質濃度の変化の観察およびそれらに影響を与える要因の検討をした。

- ・化学物質曝露による影響を受けやすいとされる低年齢群について症状への影響を検討したところ、衣類用防虫剤等に使用されることの多いp-ジクロロベンゼンと関連性が確認された。
- ・居住者の症状点数と化学物質濃度の経過観察を行ったところ、濃度と症状の経過は対応していることが確認され、物質毎にみると比較的短期間で放散される芳香族炭化水素類は症状とともに減少しているケースが多く、持続・悪化に影響しているケースは少なかった。逆に、ホルムアルデヒド濃度は年数が経っても減衰が少ないため、それとともに症状が持続・悪化しているケースが多く確認された。また、脂肪族炭化水素類も症状の持続・悪化とともに濃度が持続・上昇しているケースが多かった。
- ・化学物質の変化量に影響を及ぼす要因を検討したところ、換気システムの有無や換気回数、窓開け換気の励行、居住者の持ち込み品への配慮が有意に濃度減少に影響していることが確認された。

以上の長期継続的調査により、居住者症状の推移は改善および持続・悪化ともに化学物質濃度の推移と一致しており、その濃度の変化量には換気システムなどの建築的対応の他、居住者による窓あけ換気の励行および家具・生活用品等の持ち込み品の除去や配慮が影響していることが定量的に確認された。

E. 研究発表

1. 論文発表

吉野博、中村安季、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継続的な観察と症状改善手法、空気清浄、第46巻第1号 特集 シックハウスの到達点と今後の課題、pp18-26、2008.5

2. 学会発表

- 1) Hiroshi Yoshino, Aki Nakamura, Mariko Yoshida, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano and Satoshi Ishikawa, Field survey and statistics analysis on indoor air pollution, building performance and occupant's health of 60 houses in Japan, Indoor Air 2008 Proceedings, 759, 2008.8
- 2) 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、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測調査 その2 宮城県における実測調査結果、第17回日本臨床環境医学会学術集会、pp44、2008.7

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[®]) for Japanese population: study of reliability and validity of the questionnaire. *Toxicology and Industrial Health* 2003, 19, pp.41-49.
- 7) 吉田真理子他：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、平成 19 年度室内環境学会総会東北大会、pp148-149、2007. 12
- 8) Criterion of No.12 Commission of the European Communities Indoor Pollution Unit

表1 調査対象住宅の年度別内訳（全62軒）

期間		調査住宅数	回答者数／居住者数
2000年	5～10月	23軒	45／106名
2001年	6～10月	33軒	137／139名
2002年	7～10月	13軒	55／59名
2003年	8～11月	10軒	38／46名
2004年	8～9月	8軒	34／37名
2005年	8～9月	10軒	49／51名
2006年	8～9月	7軒	29／29名
2007年	8～10月	7軒	26／26名
2008年	10月	2軒	8／8名
合計		延べ：116軒 （新規：62軒）	延べ：421／501名 （新規：238／262名）

※1 31軒で複数回実施(2ヶ年:20軒、3ヶ年:6軒、4ヶ年:3軒、6ヶ年:2軒)

※2 2000年は症状を訴える居住者のみ、2001年以降は全居住者が対象

表2 追跡調査の実施状況（30軒）

継続 住宅№	初回 築年数	調査 回数	調査年								QEESI継続データ数 ／全居住者数	
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		2008
1	3ヶ月	4	◎		○	○	●					4／4
2	2年7ヶ月	2	◎						●			1／4
3	5年10ヶ月	2	◎						●			4／6
4	3年6ヶ月	2	◎		●							3／4
5	1年4ヶ月	4	◎	○	○					●		4／5
6	5ヶ月	2	◎	●								0／3
7	2年4ヶ月	6	◎	○	○	○	○	●				5／5
8	2年3ヶ月	4	◎	○		○				●		5／5
9	17年7ヶ月	3	◎	○					●			6／6
10	2年6ヶ月	2	◎	●								2／4
11	2年0ヶ月	2	◎	●								2／5
12	12年9ヶ月	2	◎	●								2／3
13	7年1ヶ月	6	◎	○	○	○	○	●				7／8
14	1年4ヶ月	2	◎						●			1／7
15	2年11ヶ月	3	◎	○		●						3／4
16	9ヶ月	2		◎						●		6／6
17	30年3ヶ月	2		◎	●							3／3
18	5ヶ月	3		◎	○					●		4／4
19	6年2ヶ月	2		◎					●			4／5
20	1年9ヶ月	3		◎		○	●					3／3
21	6ヶ月	3		◎	○	●						5／5
22	1年9ヶ月	2		◎	●							4／4
23	2年8ヶ月	2							◎	●		3／3
24	9ヶ月	2								◎	●	4／4
25	4年4ヶ月	2	◎								●	3／3
26	5年0ヶ月	2		◎							●	4／4
27	11年10ヶ月	2			◎						●	4／4
28	1年11ヶ月	2							◎		○ ●	4／4
29	5年8ヶ月	2	◎								●	3／3
30	10ヶ月	2								◎	●	3／3
合計	2ヶ年:19軒、3ヶ年:6軒、4ヶ年:3軒、6ヶ年:2軒										106／131	

◎ = 初回調査

● = 最終回調査



写真1 化学物質濃度測定の様子

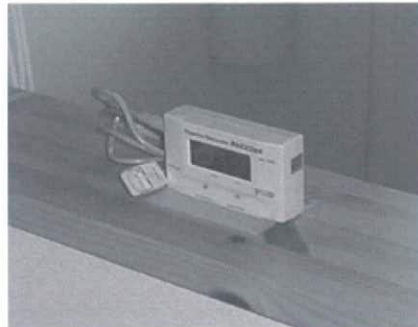


写真2 温・湿度測定器



写真3 気密測定の様子



写真4 換気量測定の様子（室内）



写真5 換気量測定の様子（室外）



写真6 風量測定の様子

表3 住まい手のための問診票の質問項目

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

表4 QEESI 問診票の質問項目

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

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