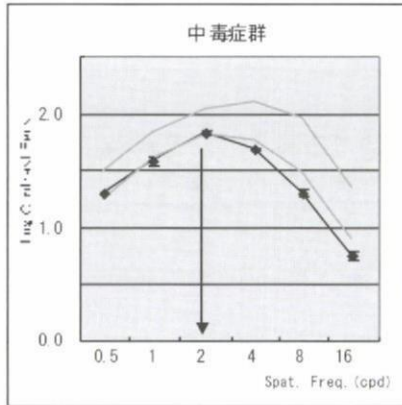


結果-3-3: 平均測定値の比較 -中・高域周波数領域の低下-



低域周波数領域 (0.5~2c.p.d.)

⇒ 正常の下限

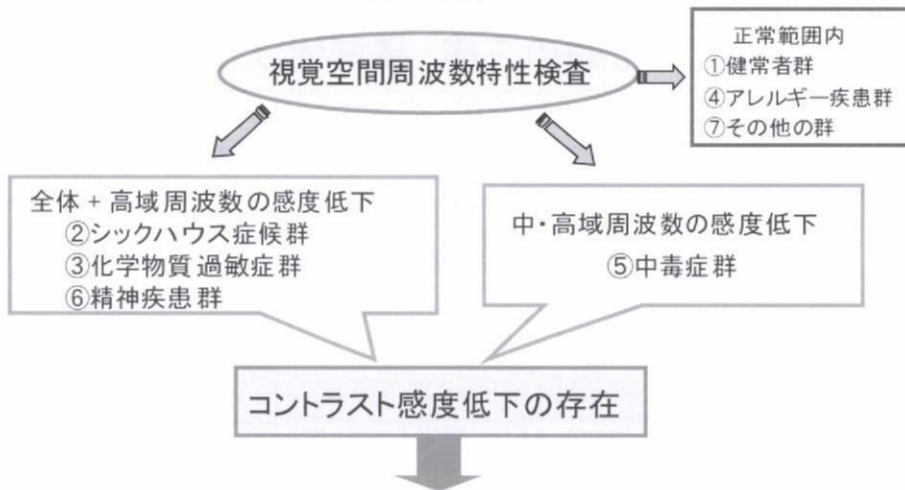
中域周波数領域 (4~8c.p.d.)

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 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。

本研究事業の初年度にあたる平成 18 年度は、以下（1）から（4）の研究の遂行を行った。（1）ケミレスタウン・プロジェクトにおける実証実験施設の整備と平行して、実証実験施設の評価判定に用いる化学物質の測定方法の検討を進めた。（2）室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液の IgE への影響検討を行った。（3）ケミレスタウン・プロジェクトの認知向上活動として、市民講座や国内外での学会においてパンフレットやビデオ等を用いた普及活動を試行し、社会的認知度の上昇を導いた。（4）予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討も進めた。

本研究事業の中間年度にあたる平成 19 年度は、（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。

本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。

本研究事業の初年度にあたる平成18年度は、以下(1)から(4)の研究の遂行を行った。(1)ケミレスタウン・プロジェクトにおける実証実験施設の整備と平行して、実証実験施設の評価判定に用いる化学物質の測定方法の検討を進めた。(2)室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液のIgEへの影響検討を行った。(3)ケミレスタウン・プロジェクトの認知向上活動として、市民講座や国内外での学会においてパンフレットやビデオ等を用いた普及活動を試行し、社会的認知度の上昇を導いた。(4)予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討も進めた。

本研究事業の中間年度にあたる平成19年度は、(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。

本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

平成18年度

- 1、ケミレスタウン・プロジェクトにおける実証実験施設の整備と室内の化学物質濃度測定法の検討：室内化学物質濃度の指針値の1/10を目標に施設整備を遂行。
- 2、室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液への影響調査：実証実験施設入居者への予備調査として、比較的高濃度曝露が予想される肉眼解剖実習学生への検討を行った。
- 3、ケミレスタウン・プロジェクトの社会認知の普及活動：パンフレットやビデオを使った市民講座を開講し、シックハウス症候群の対策への認知レベルの向上を促がし、アンケート調査により効果について検討した。
- 4、予防医学的対応を行う人材育成プログラムの検討：トライアルとしての環境健康トランスレーター育成事業において、シックハウス症候群に関する講義を施行。

（倫理面への配慮）

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

平成19年度

- 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。

平成20年度

- 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

平成18年度

- 1、4棟の実証実験施設の建築・整備が行われ、室内の化学物質濃度測定も施行された。このプロジェクトの目標室内化学物質濃度値を目指しての施行が進んでいる。
- 2、室内におけるホルムアルデヒド等の鼻汁・唾液のIgEへの影響検討を行い、論文にまとめた。(詳細な内容は、平成18年度論文発表1及び2参照)
- 3、ケミレスタウン・プロジェクトの認知向上活動として、第1回(2006年12月12日)、第2回(2007年2月18日)のワークショップ、さらに国内外での学会(2006年7月、11月、2007年3月等)での発表において、パンフレットやビデオ等の現状認知の向上技術を用いた試みを行い、効果的な環境改善型予防医学の普及活動を試行し、のべ200名以上の人たちに認知させることが出来た。
- 4、環境健康トランスレーターを例とした人材育成の検討結果を論文にまとめた。(詳細な内容は、平成18年度論文発表(3)参照)。

平成19年度

- 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、平成19年度論文発表(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。

平成20年度

- 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、平成20年度著書(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

平成18年度

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

平成19年度

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。

平成20年度

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こと自負するとともに、効果的な普及活動には繋がったと思える。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）にその必要度をフィードバックすることで、判定結果によって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

平成 18 年度

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

平成 19 年度

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。

平成 20 年度

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。

G. 研究発表

平成 18 年度

1. 論文発表

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

- (2) Ohmichi K, Komiyama M, Matsuno Y, Takahashi Y, Miyamoto H, Kadota T, Maekawa M, Toyama Y, Tatsugi Y, Kohno T, Ohmichi M and Mori C: Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory - personal exposure level is higher than indoor concentration. *Environmental science and pollution research international* 13: 120-124, 2006.
- (3) 持田陽司, 深田秀樹, 山浦真弓, 小川二美代, 安井悦子, 松野義晴, 戸高恵美子, 森千里: 環境健康学トランスレーターによる環境改善型予防医学の推進、臨床環境医学雑誌 15: 107-113, 2006

平成 19 年度

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.

平成 20 年度

1. 論文発表

- (1) 森千里: 特集 重金属・環境汚染物から身を守る 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

平成 19 年度

- (1) 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

平成 20 年度

- (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、2008 (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

平成 18 年度

- (1) 森 千里, 戸高恵美子, 中岡宏子, 渡辺久美子：健康に影響する環境負荷低減による持続可能な社会の実現：未来世代のための街づくり「ケミレスタウン（化学物質削減を目指した街）・プロジェクト」（招待講演）、IR3S 国際シンポジウム「調和社会と持続可能な発展」（北京：中国）国際シンポジウム「調和社会と持続可能な発展」（Nov. 17-18, 2006, 北京）抄録集
- (2) 森 千里, 戸高恵美子, 深田秀樹, 松野義晴, 中岡宏子：環境ユニバーサルデザインの提唱「ケミレスタウン・プロジェクト」の取り組み、第 15 回日本臨床環境医学総会

（東北大学 医学部長綾会館：仙台市）第 15 回日本臨床環境医学会総会（Jul.7-8, 2006）抄録集, 44

平成 19 年度

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）

平成 20 年度

国際学会

- (1) E. Todaka and C. Mori: Attempts of environmental preventive medicine to sick building 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.5Taipei, 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）

H. 知的財産権の出願・登録状況

平成 18 年度

その他: ・ケミレス、ケミレスタウン、ケミレスハウスを商標登録、2006。

平成 19 年度

その他: Chemiless を商標登録、2007。

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	尚綱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

これまでに9年間にわたり、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。化学物質濃度は経年に伴い減少傾向を示していたが、防虫剤や家具などの居住者の持ち込み品による濃度上昇や、部屋の閉め切りによりなかなか濃度が低減しない住宅も見られた。濃度の減衰が有意に症状の改善に効果がある物質がある中、初期に高濃度の化学物質に曝露してしまうと、その後濃度が減衰してもなかなか症状が改善しない例も見られた。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。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ヶ年：19軒、3ヶ年：6軒、4ヶ年：3軒、6ヶ年：2軒となっている（表2）。62軒の概要を図1に示す。

いずれの住宅にも、医師の診察等より化学物質の影響で健康被害が生じたと疑われる者、過

去のアンケート（1999年に実施した女子大生とその親を対象としたアンケート調査、及び講演会等の聴講者に協力してもらったアンケート調査）により化学物質過敏症の疑いがあるとされた者が居住している。調査期間は、1年を通して最も化学物質濃度が高くなると考えられる夏期を中心に5月から11月とした。

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・湿度は小型温度湿度データロガー（株ティアンドデイ社製、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 $a A'$ 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ダーザー（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。「マスキング」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、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. 化学物質濃度測定結果

1.1 62軒の集計結果

以下に調査対象62軒の室内化学物質濃度の測定結果を示す。各住宅、居室を中心に2～3室において測定を行ったが、納戸や廊下など生活行為の生じない箇所はデータから除外している。複数室における測定結果のうち最大値を、その住宅の「代表値」として集計した。化学物質濃度の最大値、最小値、平均値、中央値、ならびに各化学物質の検出頻度などを表5に示す。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエンの検出率は100%である。指針値超過数および超過率は、ホルムアルデヒド51/62軒(82.3%)、アセトアルデヒド52/59軒(88.1%)、トルエン6/62軒(9.7%)、p-ジクロロベンゼン12/62軒(19.4%)、TVOC47/62軒(75.8%)と高かった。

1.2 他全国調査との比較結果

計4調査における指針値物質の比較結果を表6に示す。シックハウス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8.3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1.1～1.6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の0.8～1.4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1.1～1.9倍であり、超過率は0.1%の差である。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。

1.3 化学物質濃度の経年変化(図2～6)

まず30軒80室における初回および最終回の濃度を比較する。各物質の初回と最終回平均値の比較した結果を図1に示す。多くの物質は、経年に伴い濃度は減少しており、18物質(図1中*印)に関して、「初回平均値」と「最終回平均値」の2群の間で統計的に有意に減少していた(t-検定もしくはwilcoxon順位和検定)。VOCの7類のうち減衰が顕著なのは、脂肪族炭化水素類、芳香族炭化水素類、ケトン類、アルコール類であった。芳香族物質のほとんどは、建材自体やその表面から揮発するものであり、数ヶ月、数年の間に大部分が揮発したと考えられる。統計的に有意な結果ではなかったが、ハロゲン化炭化水素類も大きく減少していた。ハロゲン化炭化水素類には、p-ジクロロベンゼン等が含まれるが、それらの物質を発生する薬品や生活用品の使用を居住者が控えた影響が考えられる。

次に62軒における築・リフォーム後年数とホルムアルデヒド・トルエン・p-ジクロロベンゼン・TVOC濃度の関係を図3～6に示す。表10に示した30軒に関しては、複数回調査を行っているため、同一住宅における測定結果の平均値は線をつないで表している。太線で示した住宅は、シックハウス対策(換気システムの変更、内装材の改装)を施した住宅の測定結果を示しており、点線で示した住宅では、新しい家具を設置していたか、物置部屋で換気が行われていない状態であった。程度の差はあるが、全体的に経年に伴い濃度が減少する傾向が見られる。点線で示された2軒については、ホルム

アルデヒド濃度で最終回の調査値が上昇していたが、他の物質については減少していた。トルエンは竣工時に高濃度であったが、比較的短い期間で大部分が放散していた。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、急に高濃度となるケースが存在した。TVOCはp-ジクロロベンゼンの影響を強く受けていた。

2. 症状の継続的観察

2.1 QEESI問診票の経年変化(図7)

複数回調査を行った30軒の居住者のうち、56名のSHS患者の症状の変化について述べる。図7において、QEESI問診票の10症状(筋肉・関節症状、気管・粘膜症状、心臓・循環器症状、消化器症状、認識障害、情緒障害、神経系障害、頭部症状、皮膚症状、泌尿・生殖器症状)の初回と最終回の平均点数について比較した。初回と最終回の間で平均点が減少していたのは、心臓・胸部、腹部・消化器、泌尿性器、皮膚、頭部の5症状であり、逆に上昇していたのは思考能力、情緒、神経・感覚の3症状であった。結膜・粘膜、筋肉・関節症状については大きな変化は見られなかった。次に、初回から最終回の自覚症状の経年変化を4種類に分類した。ここでは、継続調査データSHS56名のQEESI症状合計点数を用いて、その変化量(-100~+100点)を算出する。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」、変化量が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」、残りの0点~20点未満で推移していたものを「軽度」とした。統計的に比較するために、4群を「軽減・軽度」と「悪化・持続」の2群に分け、 χ^2 検定およびt-検定を行った。点数の推移を図8に示す。56名中15名が「軽減」、17名が「改善」、11名が「持続」、13名が「悪化」と分類された。半数以上が「軽減・軽度」群に分類されている。

同様に、10症状それぞれにおいても、2点以上増加していた場合を「悪化」、2点以上減少していた場合を「軽減」、変化量が1点以内のうち、初回および最終回ともに2点以上であ

った場合を「継続」、残りの0~2点未満で推移していたものを「軽度」として、検討を行った。

2.2 2群「軽減・軽度」「悪化・持続」個人属性比較(表7)

SHS群には女性が多い、気管・粘膜アレルギー、皮膚アレルギーの既往歴がある人が発症しやすい、低年齢の発症者が多いなどの特徴がある。そこで、症状の変化にも個人属性の影響があるのかを検討するために、「軽減・軽度」と「悪化・持続」における個人属性の違いについて分析した(表7)。性別、年齢、アレルギー疾患歴ともに有意差は見られなかった。これらの結果から、症状の改善、悪化に影響を与えたのは、周辺環境の変化や、個人の住まい方によるものと考えられる。次節では、「軽度・改善」「持続・悪化」群両群において、初回調査時と最終回調査時での化学物質濃度の変化について、統計的に解析を行った。

3. 症状の変化と化学物質濃度変化の関係性(図9~12)

症状が「悪化」する原因として、①症状を誘発する化学物質の初回濃度が高く、その化学物質が長期にわたって人体に影響を及ぼしていること、②初回濃度が減衰せず長期にわたって高い濃度に曝露していることの2点が考えられる。また、「軽減」については、初回調査時から最終回調査時にかけて濃度が減衰した事が影響していると予測される。以上を踏まえて、初回調査時の指針値物質の化学物質濃度および濃度の増減量を「軽度・軽減」「持続・悪化」群で比較した。化学物質ごとに表したものを図9~12にそれぞれ示す。

ホルムアルデヒド濃度の初回調査時の測定結果と濃度増減量を2群で比較したところ、「持続・悪化」群で有意に初回濃度、増減量が高かき傾向が見られた。アセトアルデヒドについても、増減量については有意な差は見られなかったが、ホルムアルデヒドと同様の傾向が見られた。TVOC(図12)を含むその他の物質については、症状の改善と濃度の減少量が有意に影響していた。以上から、自覚症状の軽減程度と濃度の減少量には統計的に有意な関係が認められ、濃度を低減させることは症状改善に

有効であると確認された。また、ホルムアルデヒドについては、初期に高濃度の環境下で曝露してしまうと、症状が改善しにくい傾向が見られた。

4. 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 13 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；

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

・ 3 回以上測定した部屋；

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

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 14～図 17 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。

5. 追跡継続調査事例

5.1 シックハウス 22 軒における 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 18、図 19 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。

5.2 シックハウス 5 軒の追跡調査事例

長期にわたって室内環境測定調査を実施した住宅について症状および室内環境の経過を詳しく報告する。以下の住宅番号は図 18～19 と対応している。

(1) No.5 邸 (表 8、図 20～24)

①住宅概要：平成 11 年 3 月に完成した、木造 (枠組み壁工法) 2 階建て戸建住宅に同年 3 月に入居を開始した。居住者は主人 (37 才)、夫人 (38 才)、長男 (8 才)、長女 (6 才) の 4 人である。シックハウスに関しては、メディアを通して言葉を聞いたことがある程度で、詳細に内容を知っていたわけではなかった。住居を

新築する際も特に建材に配慮することもなかった。換気設備は24時間第三種機械換気システムを採用している。入居後新たに購入した家具は、和室の和タンス、居間のソファ、食器棚、ピアノ、2F書斎の本棚である。最近年内に購入した家具は子供の学習机であった。

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

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

③発症者：長男（8歳）

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

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

2001年には、前年と比較して大きく濃度が減少しているが、測定時の外気温が30度と高温であったため、測定中に窓開け・エアコンの運転が行われたためにこのような結果になったと考えられる。

VOCについては、2000年度の測定時に、2

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

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

⑦総括：対策としては、換気を励行しており、冬期でも意識して換気を行うよう努めている。ホルムアルデヒドを除いて、全体的に濃度も減少しており、ヒアリング調査による母親の印象としては、長男の症状も軽減しているとのことである。

(2) No.8邸（表9、図25～29）

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

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

②調査時期：2006年9月

③発症者：次男（7才）

④症例経過：居住者のうち、主に症状が出たのは入居後に誕生した次男である。生後間もなく咳の症状が現れ、常に咳込んでいた。医師より化学物質に効果的であると言われる漢方薬を処方され、それ以来症状が落ち着いているとのことである。長男は、以前に居住していたアパートで誕生し、生後すぐより湿疹や咳等の症状を

訴えていたが、現在の住宅に入居後、症状は落ち着いている。

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

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

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

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

⑦総括：現在の対策としては、特に換気と掃除に注意しながら生活している。ヒアリング調査から母親の印象によると、居住者は全員快方に向かっているとのことである。

(3) No.18邸 (表10、図30～34)

①住宅概要：木造(木質パネル工法)2階建て戸建住宅に平成13年2月に入居。測定は平成13年7月、平成14年9月に実施している。居住者は父親(43才)、母親(39才)、長女(12才)、次女(8才)の4名。シックハウスに関しては、住宅メーカーの説明を通してその内容を知り、ホルムアルデヒド放散量の少ない建材を使用するという説明を受けた。しかし、木製の窓枠やデッキ、庭の枕木には防腐・防カビ・

防虫用の薬剤が塗られている。平成14年測定時には、枕木のおいが気になるため、枕木を減らす工事を行い、今後は、天然成分の塗料を使用することを考えている。入居後に新しく居間のテーブル、椅子、テレビ台を購入している。

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

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

②調査時期：2006年9月

③発症者：長女(12才)、次女(8才)

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

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

VOCは、アルコール類が、1階居間で $359.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2階寝室で $408.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2階洋室で $329.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。前回、前々回調査では検出されなかったため、建材からの発生ではなく、掃除薬剤などの持込品からの発生が考えられる。

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

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

⑦総括：長女と次女ともに、皮膚症状は軽減している。しかし、最近部屋の仕切りを設置する工事を行う際に建材を室内に搬入したところ子供たちの具合が悪くなった。今後とも、化学物質の曝露に注意が必要である。

(4) No.24 邸 (表 11、図 35～39)

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こと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 α -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ので、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。

(5) No.28 邸 (表 12、図 40～45)

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、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：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）：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：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。

⑧QEESI問診票の結果：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。

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。

- ・化学物質濃度は経年に伴い減少傾向を示していたが、防虫剤や家具などの居住者の持ち込み品による濃度上昇や、部屋の閉め切りによりなかなか濃度が低減しない住宅も見られた。
- ・QEESI問診票を用いた自覚症状に関する初回調査と最終回調査時の変化では、心臓・胸

部、腹部・消化器、泌尿性器、皮膚、頭部の5症状は重度の減少が見られ、逆に上昇していたのは思考能力、情緒、神経・感覚の3症状であった。結膜・粘膜、筋肉・関節症状については大きな変化は見られなかった。

- ・濃度の減衰が有意に症状の改善に効果がある物質がある中、初期に高濃度の化学物質に曝露してしまうと、その後濃度が減衰してもなかなか症状が改善しない例も見られた。
- ・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。
- ・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) 吉田真理子、吉野博、祢津紘司、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状態に関する調査研究、日本建築学会東北支部研究報告会、pp.15-20、2006.6
- 2) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Mariko Yoshida, Koichi Ikeda, A Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa: Long-Term Field Survey on IAQ and Occupant's Health in 57

Sick House in Japan, Healthy Building 2006, pp.315-320, 2006.6

- 3) Mariko Yoshida, Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, A Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Hideaki Yoshino, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa: FIELD SURVEY ABOUT IAQ, BUILDING PERFORMANCE AND OCCUPANT'S HEALTH OF SICK HOUSE IN JAPAN, Building and Urban Environmental Engineering 2006, pp.75-80, 2006.7
- 4) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：第15回日本臨床環境医学会総会抄録集、pp.43, 2006.7
- 5) Hiroshi Yoshino, Koji Netsu, Koichi Ikeda, Atsuo Nozaki, Kazuhiko Kakuta, Sachiko Hojo, Kentaro Amano, Satoshi Ishikawa: Field Survey on Indoor Air Quality, Building Performance and Occupant's Health in Sick Houses, ICHES'05, pp.242-247, 2005.9
- 6) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、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
- 7) 吉田真理子、吉野博、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、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12 シックハウス対策の効果に関する検証—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.913-914, 2006.9
- 8) 吉野博、吉田真理子、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：シックハウスにおける室内空気質と居住者の健康状況に関する継続調査、空気・調和衛生工学会学術講演論文集、pp.2085-2088, 2006.9
- 9) 吉田真理子、吉野博、池田耕一、野崎淳夫、角田和彦、北條祥子、吉野秀明、天野健太郎、祢津紘司、石川哲：シ化学物質による室内空気汚染と居住者の健康状況に関する

- 長期追跡調査,平成18年度室内環境学会総会、pp.162-163、2006.11
- 10) HIROSHI Yoshino, MARIKO Yoshida, KOICHI Ikeda, ATSUEO Nozaki, KAZUHIKO Kakuta, SACHIKO Hojo, HIDEAKI Yoshino, KENTARO Amano, KOJI Netsu, SATOSHI Ishikawa: IWEERB2007, pp.209-212, 2007. 1
 - 11) 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
 - 12) 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
 - 13) 吉野博、吉田真理子、角田和彦、池田耕一、野崎淳夫、北條祥子、衿津紘司、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、pp.38-50、2007.7
 - 14) 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、pp.893-894、2007.9
 - 15) 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、pp.895-896、2007.9
 - 16) 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、pp.465-468、2007.9
 - 17) 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 6th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, 2007. 10, pp.535-540
 - 18) 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
 - 19) 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
 - 20) 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
 - 21) 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、pp.44、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隙間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 (QEESIC) 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