

表 SI 3 室内ホルムアルデヒド濃度とシックハウス症候群の精神症状の回帰式と AIC

	① 閾値なし	② 閾値あり (0.08ppm)
回帰式	$y=72.0x$	$y=163.9x-13.1$
AIC (値が小さいほどよい)	355	417

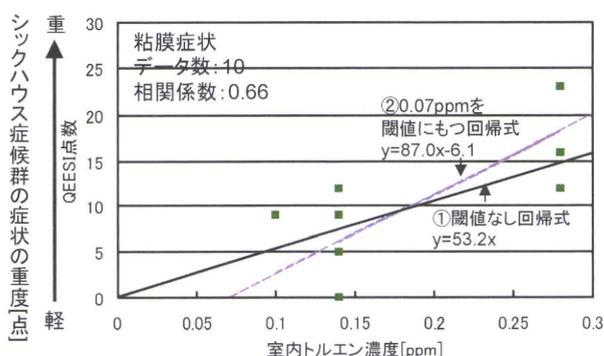


図 SI 2 室内トルエン濃度とシックハウス症候群の粘膜症状の患者データおよび回帰式

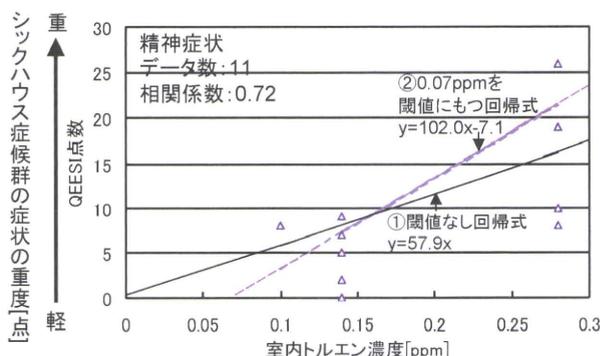


図 SI 3 室内トルエン濃度とシックハウス症候群の精神症状の患者データおよび回帰式

表 SI 4 室内トルエン濃度とシックハウス症候群の粘膜症状の回帰式と AIC

	① 閾値なし	② 閾値あり (0.07ppm)
回帰式	$y=53.2x$	$y=87.0x-6.1$
AIC (値が小さいほどよい)	33	39

表 SI 5 室内トルエン濃度とシックハウス症候群の精神症状の回帰式と AIC

	① 閾値なし	② 閾値あり (0.07ppm)
回帰式	$y=57.9x$	$y=102.0x-7.1$
AIC (値が小さいほどよい)	56	61

表 SI 6 ホルムアルデヒドの用量反応関係 DR

ホルムアルデヒドの用量反応関係 [QEEESI / ppm] (発症割合 0.56% を考慮)	
(1) 粘膜症状	$66.98 \times 0.0056 = 3.78 \times 10^{-1}$
(2) 精神症状	$71.96 \times 0.0056 = 4.06 \times 10^{-1}$

表 SI 7 トルエンの用量反応関係 DR

トルエンの用量反応関係 [QEEESI / ppm] (発症割合 0.56% を考慮)	
(1) 粘膜症状	$53.16 \times 0.0056 = 3.00 \times 10^{-1}$
(2) 精神症状	$57.88 \times 0.0056 = 3.27 \times 10^{-1}$

表 SI 8 シックハウス症候群の DALY D_s

[DALY/case]	(1) 粘膜症状	(2) 精神症状
(a) 障害の重度	0.096	0.220
(b) 障害の持続期間	2 (年)	
(a) × (b) (DALY D _s)	0.192	0.440

表 S19 室内ホルムアルデヒド・トルエンのシックハウス症候群の被害係数（居住時）

住宅	健康態様 (疾病)	(F) 汚染物質の 単位量排出 による 濃度増加 ΔC [ppm]	(G) 用量反応関係 DR [QEESI/人/年 /ppm]	(H) 対象 患者数 P [人]	(I) 疾病の 被害の程度 DALY D _s [DALY/QEESI]	(F)×(G)×(H)×(I) ダメージ関数 [DALY/kg]	濃度あたり ダメージ 関数 [DALY/ppm]
ホルムアルデヒド							
戸建	シックハウス 症候群	3.06×10^{-1}	3.78×10^{-1}	2.58	1.72×10^{-2}	1.73×10^{-2}	5.66×10^{-2}
集合	シックハウス 症候群	1.19	4.06×10^{-1}	2.58	3.81×10^{-2}	6.71×10^{-2}	
トルエン							
戸建	シックハウス 症候群	3.06×10^{-1}	3.00×10^{-1}	2.58	1.72×10^{-2}	1.33×10^{-2}	4.36×10^{-2}
集合	シックハウス 症候群	1.19	3.27×10^{-1}	2.58	3.81×10^{-2}	5.17×10^{-2}	

狭義のシックハウス症候群を他疾患と鑑別するための揮発性有機化合物負荷試験に関する研究

研究分担者 中村 陽一 横浜市立みなと赤十字病院 アレルギーセンター長

研究要旨

シックハウス症候群（SHS）研究の主たる対象は狭義の SHS（2 型）である。SHS（2 型）の多くは「揮発性有機化合物（VOC）に対する過敏性」を訴えるが、心理・精神的要因（3 型）などの他疾患との鑑別は難しく、VOC 負荷試験による客観的な評価方法の確立が重要と考えられる。平成 21 年度と 22 年度を通して病歴と問診から 2 型 SHS が疑われた 12 例（以前の年度からの累積も含む）を対象として、気道粘膜刺激反応に関する 2 種類の検査と精神・神経系を評価する 3 種類の検査を、ホルムアルデヒド（FA）とプラセボ両方の VOC 負荷試験前後で実施した。後日に 2 型 SHS が否定的であると考えられた 1 例を除いた 11 例での解析で、鑑別診断に有用と思われた検査項目は静脈血酸素分圧（PvO₂）のみであった。

A. 研究目的

狭義の SHS、すなわち「新・改築などによる揮発性有機化合物（VOC）暴露による健康障害」（2 型）を診断する際に、VOC による中毒（1 型）やアレルギー疾患（4 型）との鑑別は比較的容易であるが、心理・精神的要因（3 型）等との鑑別は、研究班の SHS 診断基準（2008.12 秋山・相澤合同班会議合意）を用いても容易ではない。臨床現場で必要とされるのは、2 型と 3 型の鑑別であり、客観的な鑑別法が必要である。一方、2 型 SHS の多くは「VOC に対する過敏性」を訴えることより、同過敏性を証明できる評価法の確立が望まれる。当施設に設置されている簡易式 VOC 負荷装置により実施した負荷試験のうちプラセボも実施し得たのは 12 例であり、そのうち最終的に 2 型 SHS と考えられた 11 例について解析した。

B. 研究方法

【対象】

平成 17 年 4 月の当施設開院から 22 年 10 月までに当施設の化学物質過敏症外来を受診した患者のうち、狭義の（2 型）SHS 診断基準、すなわち ① 発症のきっかけが転居、建物の新築・増改築・改修、新しい備品の使用などである、② 特定の部屋、建物内で症状が出現する、③ 問題になった場所から離れると、症状

が全くなくなるか軽くなる、④ 室内空気汚染が認められれば強い根拠となる、の条件に基づいて患者を選択した。

【VOC 負荷試験】

当施設に設置済みの簡易式 VOC 負荷試験装置の前室クリーンルーム内で 1 時間待機の後に負荷室に入り、経時的バイタルモニター（脈拍、血圧、経皮的動脈血酸素飽和度）を開始した。試験開始の合図後の「実際には開始していない」10 分間の空白時間に、強い自覚症状出現やバイタルモニター上の変化等の明らかなプラセボ効果が無いことを確認した。明らかに苦痛を伴うプラセボ効果が出現する場合は試験を中止した。プラセボ効果がない場合には、厚生労働省安全指針値濃度（0.08 ppm）のホルムアルデヒド（FA）注入を開始し、引き続き自覚症状とバイタルモニターを続けた。FA 負荷によりその継続に問題があると思われる変化が出現した場合は試験を中断し前室のクリーンルーム内で安静保持あるいは必要に応じて対症療法を実施した。問題となる症状やバイタルモニター変化がみられなかった場合は FA 注入を 30 分で終了した。以上の負荷前後で、FA に対する反応を評価する目的の検査を実施した。① 粘膜（特に気道粘膜）刺激反応の評価項目として、呼気中の一酸化窒素（FeNO）（文献 2, 3）と呼気水中酸化ストレスと抗酸化力（文献 4, 5）、

スパイログラム、② 神経系の評価項目として、Trail Making Test、Wais - III (文献 6, 7)、血清中酸化ストレスと抗酸化力 (文献 4, 5) および唾液中クロモグラニン-A (CG-A) (文献 8) を実施した。その他の検査として末梢静脈血ガス分析を実施した。

(倫理面への配慮)

上記の研究実施に際し、研究内容を文書で説明し、参加への同意確認を文書で得た。説明文書には、同意がいつでも撤回できること、個人情報 が他へ漏れることがないことが記載されている。

C. 研究結果

1) 簡易式 VOC 負荷試験の対象患者

2 型 SHS 疑いの症例全員に VOC 負荷試験の意義を説明し、文書で同意を得られた 19 例に対して同試験を実施した。さらに、FA 負荷により症状誘発あるいは前後の数種類の検査で変化がみられた 12 例に対して、後日に室内気みのプラセボ負荷試験を実施し FA 負荷試験結果と比較検討した。なお、12 例中 1 例はその後の経過観察で 2 型 SHS よりも精神疾患が疑わしいことが明らかになったので最終的にはその症例を除いた 11 例でデータを解析した。

また、以前に負荷試験を実施した、健常人 (HV) データを一部比較対照として用いた。

2) FA 負荷による自覚症状の誘発

FA 負荷により何らかの自覚症状が誘導されたのは、19 例中 8 例であった。

3) プラセボ (正常室内気の負荷) 試験

FA 負荷により自覚症状が誘導された前述の 7 例および症状誘発がなくても各種検査結果で陽性の可能性があった 4 例の合計 12 例にプラセボ試験を実施した。

4) 呼気一酸化窒素 (FeNO)

負荷前の FeNO 値を 100 %とした場合の負荷後の FeNO 値、すなわち負荷後値/負荷前値 $\times 100$ (%) を FA 負荷とプラセボ負荷で比較したが、ともに変動はみられなかった (図 1, $p = 0.66$)。

5) 呼気水中の酸化ストレスと抗酸化力

負荷前の酸化ストレスあるいは抗酸化力の値を 100 %とした場合の負荷後の酸化ストレスあるいは抗酸化力の値、すなわち負荷後値/負荷

前値 $\times 100$ (%) を FA 負荷とプラセボ負荷で比較した。酸化ストレス値はプラセボに比べて FA 負荷で上昇傾向であったが有意ではなかった (図 2, $p = 0.16$, $p = 0.87$)。

6) 呼吸機能 (スパイログラム)

肺活量、一秒量をはじめとする全ての評価項目について FeNO や酸化ストレスと同様に、負荷後値/負荷前値 $\times 100$ (%) FA 負荷とプラセボ負荷で比較したが、一定の傾向はみられなかった (図示せず)。

7) Trail Making Test (集中力テスト)

「数字のひらがな混在」の Trail Making Test は、以前の健常人との比較では、健常人に比べて 2 型 SHS 疑い患者では FA 負荷により上昇傾向があったが (図 3)、同様の現象はプラセボでもみられた。すなわち「数字のみ」と「数字のひらがな混在」のいずれも、負荷後値/負荷前値 $\times 100$ (%) の FA 負荷とプラセボ負荷での比較では、一定の傾向はみられなかった (図 4, $p = 0.12$, $p = 0.80$)。

もう一つの集中力テストである Wais - III の結果でも同様に一定の傾向はみられなかった (図 5, $p = 0.50$, $p = 0.61$)。

8) 血清中の酸化ストレスと抗酸化力

負荷前の酸化ストレスあるいは抗酸化力の値を 100 %とした場合の負荷後の酸化ストレスあるいは抗酸化力の値、すなわち、負荷後値/負荷前値 $\times 100$ (%) を FA 負荷とプラセボ負荷で比較したが、呼気水の場合と同様に一定の傾向はみられなかった (図 6, $p = 0.57$, $p = 0.38$)。

9) 唾液中クロモグラニン A (CG-A)

CG-A は、負荷前、30 分間の負荷終了時、負荷終了後約 1 時間後の計 3 回測定した。2 型 SHS 疑いの症例と健常者で CG-A の実測値を比較すると、健常者 3 例では負荷後の上昇がみられないのに対して、2 型 SHS 疑いの症例では負荷終了時点で有意の上昇傾向がみられたが (図 7, $p = 0.007$)、負荷終了時の値/負荷前値 $\times 100$ (%) を FA 負荷とプラセボ負荷で比較すると、プラセボ負荷でも同様の現象がみられ有意の変動ではないと考えられた (図 8, $p = 0.63$)。負荷終了 1 時間後の値/負荷前値 $\times 100$ (%) は、むしろプラセボ負荷での上昇が明らかであった (図 8, $p = 0.02$)。

10) 末梢静脈血酸素分圧 (PvO₂)

2型 SHS 疑い症例と健常者と比較すると、健常人4例に比べて2型 SHS 疑い症例では負荷後の PvO₂ 値が上昇する傾向であり (図 9, $p = 0.018$)、負荷後の値/負荷前の値 $\times 100$ (%) を FA 負荷とプラセボ負荷で比較しても2型 SHS 疑い症例では FA 負荷により有意に PvO₂ 値が上昇した (図 10, $p = 0.013$)。

D. 考察

SHS の症状は粘膜刺激症状と精神・神経症状に集約される。粘膜刺激症状の評価指標としてでは、FeNO、呼気水中酸化ストレス、呼吸機能 (スパイログラム) を実施したがプラセボ効果を差し引くと有意の変動はみられなかった。

神経系の評価項目として実施した、Trail Making Test、Wais-Ⅲ、血清中酸化ストレスと抗酸化力においてもプラセボ効果を差し引くと FA 負荷に特有の変動はみられなかった。精神的ストレスの指標と考えられる唾液中 CG-A 測定は、症例数が少ないながらも健常者に比べて負荷試験による上昇がみられる傾向であったが、プラセボ負荷でも同様の変動を示したことから、2型 SHS 患者では健常者群に比べて、VOC ではなく負荷試験そのものによるストレスの度合いが大きいことが示唆されたのみであった。

末梢静脈血酸素分圧 (PvO₂) は今回検討した中で唯一プラセボ効果を差し引いても FA 負荷での上昇がみられたがその機序は不明であり、さらに多くの症例で検討する必要がある。

最終的に2型 SHS 疑い患者において FA 負荷により有意な変化を示した検査は PvO₂ のみであり、他の多くの検査では有用性が確認できなかったが、その理由として① VOC 前後に実施した各種検査が候補として適切でなかった、② VOC 負荷試験では2型 SHS を診断することはできない、③ 2型 SHS 疑い患者として登録した対象症例の一部あるいは多くが2型 SHS ではなかったために正しい結果が得られなかった、等が考えられる。①と②に関しては当面の解決策を見出すことが難しいが、③に関しては、対象症例を増やすことにより種々のサブ解析が可能になり、逆に真の2型 SHS 患者

を明らかにできる可能性もあると考える。

E. 結論

2型 SHS 疑いの11例においてプラセボ併用の FA 負荷試験を実施したが、診断指標としての有用性が見いだされたのは PvO₂ のみであった。

F. 研究発表

1. 学会発表

第22回日本アレルギー学会春季臨床大会にて関連研究を発表済、平成22年5月9日、京都

参考文献

- 1) Miller CS, Prihoda TJ: The environmental exposure and sensitivity inventory (EEI): a standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical applications. *Toxicology and Industrial Health* 15: 370 - 385, 1999
- 2) 粒来崇博、他：呼気一酸化窒素濃度測定におけるオフライン方の実際と問題点の検討測定法の実際. *日本呼吸器学会雑誌* 45 巻第2号：160 - 165, 2007
- 3) 戸蒔雅文：非侵襲的気道炎症モニタリング. *呼吸* 22 巻第7号：649 - 655, 2003
- 4) 南方良章：気道、肺炎症における呼気ガス・凝縮液の有用性. *アレルギーの臨床* 27 巻第3号：239 - 244, 2007
- 5) 川山智隆、他：呼吸器疾患のバイオマーカー—呼気凝縮液—. *呼吸と循環* 54 巻第6号：599 - 606, 2006
- 6) 安部光代、他：前頭葉機能検査における中高年健常日本人データの検討 Trail Making Test、語列挙、ウイスコンシンカード分類検査. *脳と神経* 56 巻第7号：567 - 574, 2004
- 7) 梶本修身：疲労の客観的評価—疲労の定量化法—. *医学のあゆみ* 204 巻第5号：377 - 380, 2003
- 8) 中根英雄：新規精神的ストレス指標としての唾液中クロモグラニンA. *豊田中央研究所 R&D レビュー* 34 巻第3号：17 - 22, 1999

図1 負荷前後の呼気一酸化窒素変化 (n = 11)

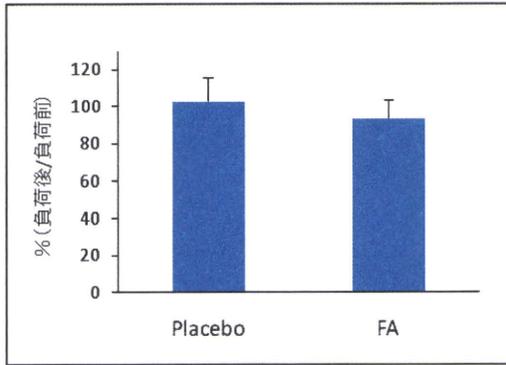


図4 負荷前後の集中カテスト (Trail Making Test) 成績の変化 (n = 10)

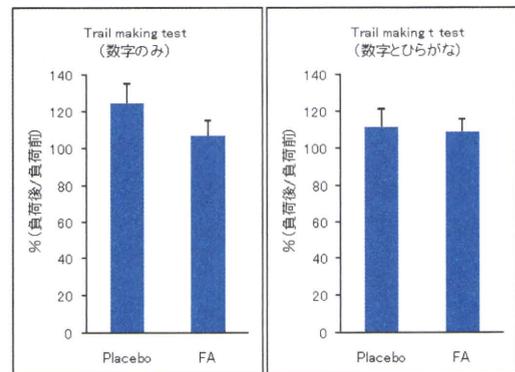


図2 負荷前後の呼気水中酸化ストレス・抗酸化力の変化 (n = 10)

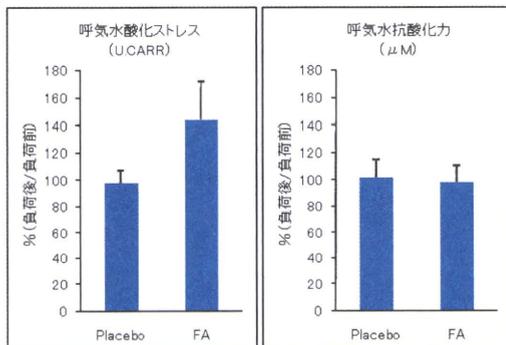


図5 負荷前後の集中カテスト (Wais III) の変化 (n = 10)

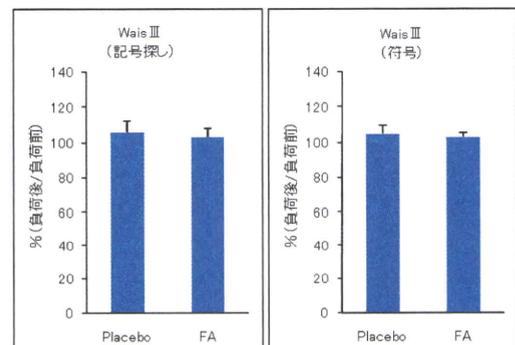


図3 負荷前後の集中カテスト (Trail Making Test) 成績の変化 (健常者との比較)

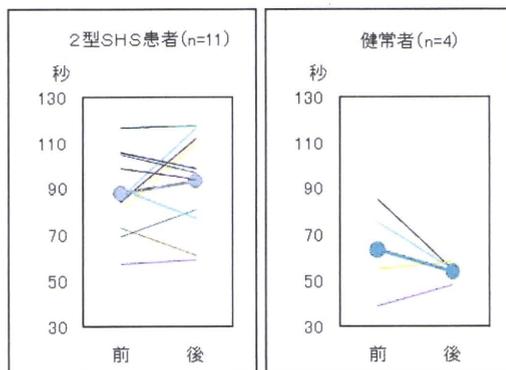


図6 負荷前後の血清中酸化ストレス・抗酸化力の変化 (n = 10)

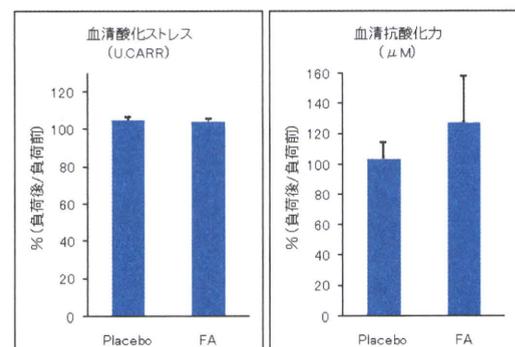


図7 負荷前後のクロモグラニンAの変化
(健常者との比較)

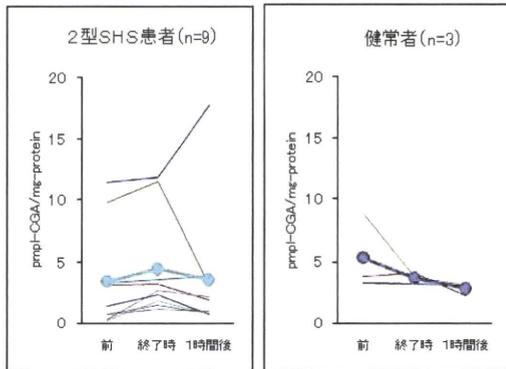


図10 負荷前後の静脈血酸素分圧の変化
(n = 10)

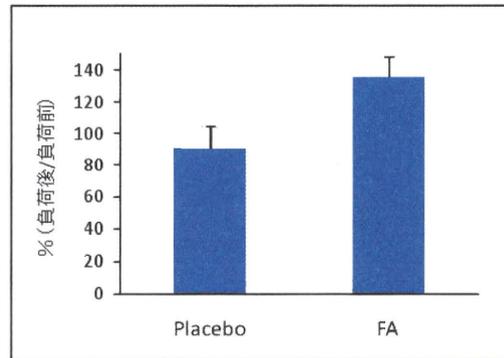


図8 負荷前後のクロモグラニンAの変化
(n = 6)

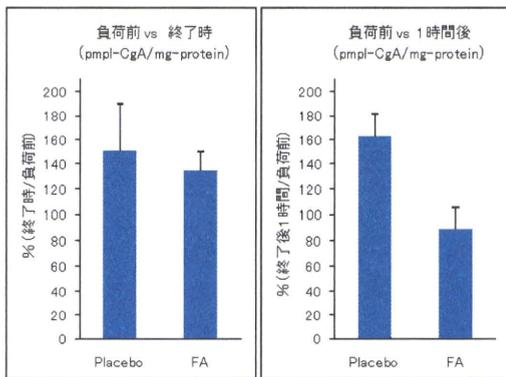
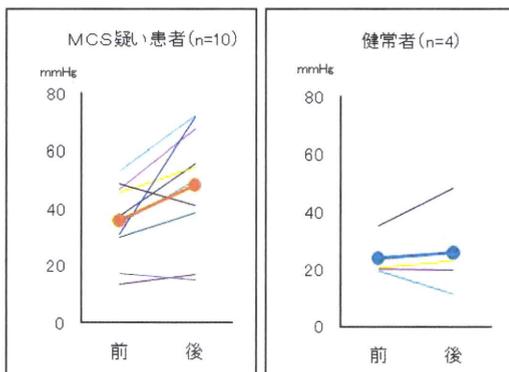


図9 負荷前後の静脈血酸素分圧 (PvO2)
の変化 (健常者との比較)



シックハウス症候群の診断基準の検証に関する研究

研究分担者 長谷川真紀 国立病院機構相模原病院臨床研究センター
研究協力者 大友 守 国立病院機構相模原病院臨床研究センター
研究協力者 秋山 一男 国立病院機構相模原病院臨床研究センター

研究要旨

相澤班・秋山班の合意事項としてシックハウス症候群診断基準が作成された。我々の施設を受診した患者のうち、その診断基準に合致するケースを選択してその臨床症状を検討した。計 178 名（女性 126 名、男性 52 名）で、初診時平均年齢は女性が 43.2 歳、男性が 38.5 歳とともに 30 歳代が最多であった。発症のきっかけは、女性は自宅関連が、男性は自宅及び職場・学校が多かった。アレルギー疾患の合併は 84.3 % にみられ、とくにアレルギー性鼻炎が 64.6 % にみられた。QEESI による症状項目では粘膜・呼吸の平均点数が最も高かったが、61 % の患者が 8 項目以上に陽性としており、SHS 特有の症状もまた SHS を否定する症状もないことが示唆された。また診断基準を満たし、かつ環境調査を施行している患者で、室内空気汚染とシックハウス症候群診断との関係を検証した。当該患者 63 名のうち、環境汚染が認められたのは 18 名（29 %）であった。そのうち 11 例が防虫剤である p-ジクロロベンゼンによる汚染であった。汚染が認められた例の中に汚染状況と症状発現が一致しない例が認められた。汚染が認められなかった例の中にも、症状が発現する場所と、しない場所の間に化学物質の環境の差がみられない例が多数見られた。化学物質汚染と症状の発現が診断の必要条件であれば、合意事項の 3 項目が満たされてもシックハウス症候群と診断できない例が多数あると推定された。

A. 研究目的

1. シックハウス症候群診断基準が厚生労働科学研究相澤班と秋山班の合意事項として示されたが、その診断基準はまだ検証段階である。当院を受診した患者から診断機順に合う患者を選択し、その臨床症状を検討し、診断基準の妥当性を検証する。

2. 診断基準は 4 項目あるが、現実には室内空気汚染を調べることができる例は少ないため、3 項目で診断されていると考えられる。我々の施設では passive sampling により環境調査をすることを受診患者に勧めており、かなりの例数の環境調査のデータがある。そこで、診断基準の 3 項目に合致する例で、環境調査を施行した例を集積して診断基準を検証した。

B. 研究方法

1. 当院ではシックハウス症候群を診療する外

来を開設しており、環境、特に室内環境負荷によって不快な臨床症状を呈する患者さんを診療している。その中から、相澤班・秋山班の合意事項として提示されたシックハウス症候群診断基準に合致する患者を選択した。

2. 環境調査を希望した患者 101 名から、相澤班・秋山班の合意事項に照らし合わせて、室内空気汚染以外の 3 項目を満足する 63 名について検討した。環境調査はアルデヒド類についてはシグマアルドリッチ製の DSD-DNPH を用いて 24 時間の passive sampling を行い、高速液体クロマトグラフィーによって測定した。その他の VOC はシグマアルドリッチ製の VOC-SD を用いて、同じく 24 時間の passive sampling を行い、ガスクロマトグラフィー/質量分析計を用いて測定した。測定項目は、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、p-ジクロ

ロベンゼンの7種類である。
(倫理面への配慮) 個々の患者の個人情報の結果からたどれることがないように配慮した。

C. 研究結果

1. 解析の対象となったのは女性126名、男性52名であり、女性が全体の70.7%をしめた。初診時平均年齢は女性43.2歳、男性38.5歳であり、ともに30歳代に最多であった(図1)。発症のきっかけは、女性は自宅関連(新築、増改築、転居等)が78名(61.9%)と突出していたが、男性では自宅関連が24名(46.1%)、学校・職場が20名(38.5%)と拮抗していた。QEESI(Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory)による症状をみると男女とも粘膜・呼吸の点数が最も高く(女性6.58、男性6.90)で、ついで認識(女性5.32、男性6.29)、頭部(女性5.25、男性4.92)の順であった。10項目の症状の多数に「ある」と答える患者が多く、症状点数2以上を陽性とする、10項目全てに陽性という患者は女性42名(33.3%)、男性7名(13.5%)で8項目以上という患者は女性80名(63.5%)、男性29名(55.8%)であった(図2)。SHS特有の症状も、SHSを否定する症状もないことを示唆している。アレルギー性疾患の合併が150名(84.3%)にみられ、特にアレルギー性鼻炎が115名(64.6%)と多かった(図3)。
2. 男性28名(14~73歳)、女性35名(19歳~73歳)であった。環境汚染が認められたのは、男性6名、女性12名であった。男性ではp-ジクロロベンゼンによる汚染が3名に、アルデヒドによる汚染が3名に認められ、女性ではp-ジクロロベンゼンによる汚染が8名に、アルデヒドによる汚染が4名に認められた。アルデヒドによる汚染は最高値 $191\mu\text{g}/\text{m}^3$ (居住環境指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$)であった。p-ジクロロベンゼンによる汚染は最高値 $3,337\mu\text{g}/\text{m}^3$ (居住環境指針値 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$)であった。2カ所以上の環境測

定を行った例の中には以下に示すように、症状を起こす場所と起こさない場所の間で、汚染状況が整合性を持たない例が認められた(表1、表2)。

D. 考察・結論

項目に亘り不快な臨床症状を呈することがこの疾患の特徴であり、臨床症状からSHSを診断することはできない。また客観的な検査所見もなく、診断基準に合うかどうか注意深く病歴聴取をするしか診断に至る方法はないと考えられる。4項目の合意事項は室内環境汚染を除いては、病歴と自覚症状であり、そのみで診断することの危うさを持っている。室内気中の化学物質による不快な症状を狭義のシックハウス症候群とするなら、症状と化学物質環境の関係が確かめられなければならない。今回我々が示したデータは、合意事項に基づいて選択され、臨床症状からはシックハウス症候群と診断される例においても、必ずしも環境汚染が証明されるわけではないことを示している。測定されなかった化学物質による症状発現の可能性は残るものの、特に生体影響が強いとされているホルムアルデヒド、トルエン、キシレンについては測定しており、これらのものを除外した上で他の物質を考えることは妥当ではないと思われる。我々のデータはシックハウス症候群と診断されている患者においても多くがover diagnosisされている可能性を示唆している。

E. 健康危険情報

特になし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

第22回日本アレルギー学会春期臨床大会(H22. 5. 8-9)

平成23年日本アレルギー学会春期臨床大会(予定)(H23. 5. 14-15)

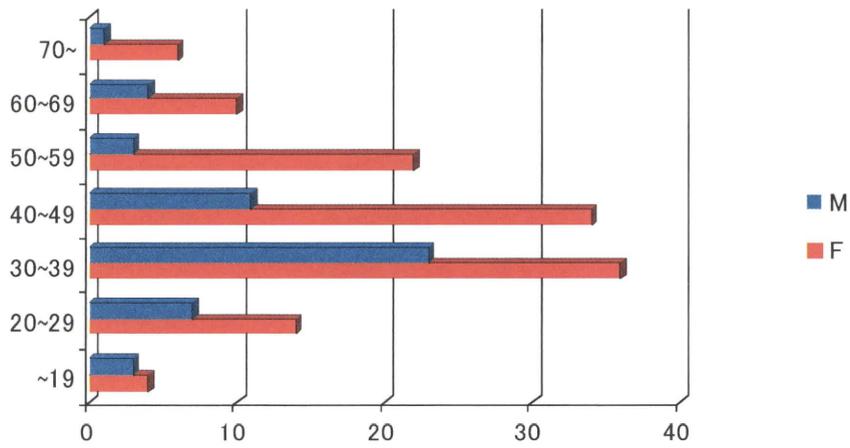


図1 シックハウス症候群患者の性別、年齢別分布

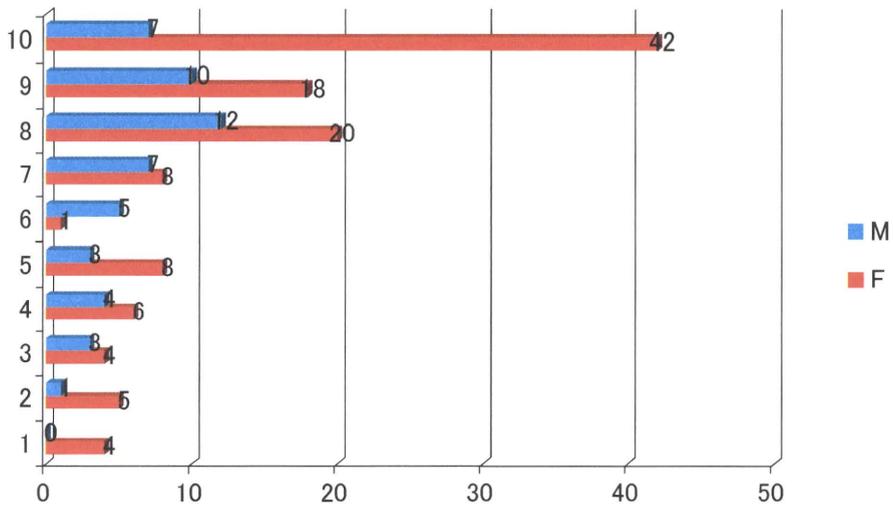


図2 QEESI 症状点数陽性数別患者数、男女別

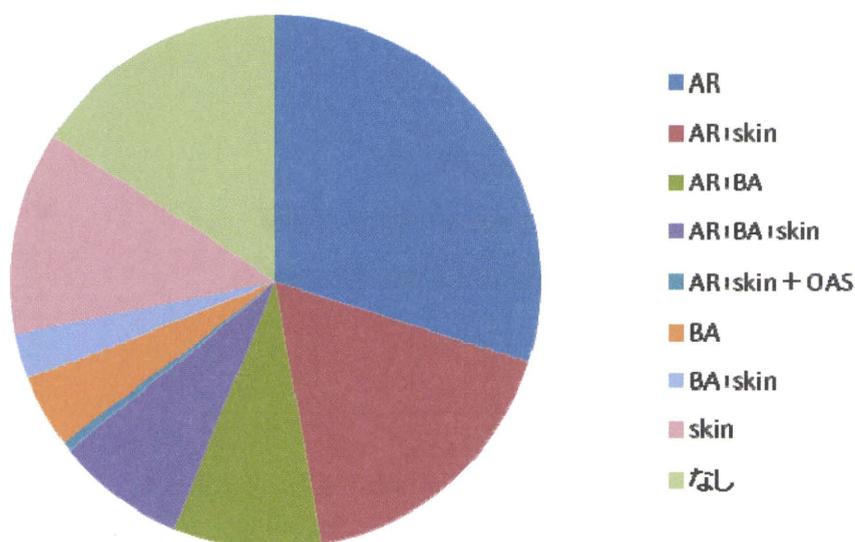


図3 シックハウス症候群患者のアレルギー性疾患合併率
 AR アレルギー性鼻炎
 skin 皮膚アレルギー疾患（アトピー性皮膚炎、じんま疹、湿疹）
 BA 気管支喘息
 OAS 口腔アレルギー症候群

表1 37歳女性 主訴：喘息発作、関節痛
 新築マンションに入居したことをきっかけに発症、
 実家へ帰ると症状は治まる。

場所	自宅	実家
ホルムアルデヒド	14	15
アセトアルデヒド	11	27
トルエン	22	ND
キシレン	ND	ND
エチルベンゼン	ND	ND
スチレン	ND	ND
p-ジクロロベンゼン	ND	647

ND not detected 単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

自宅マンションも実家もアルデヒドに関して差がなく、p-ジクロロベンゼンは実家の方が高値である。

表2 31歳 男性 主訴：のどの違和感、乾燥感
マンションを購入しようとしていて、そこに行くと症状が出る。

場所	購入予定のマンション	居住しているマンション
ホルムアルデヒド	56	56
アセトアルデヒド	23	21
トルエン	ND	ND
キシレン	ND	ND
エチルベンゼン	ND	ND
スチレン	ND	ND
p-ジクロロベンゼン	ND	1,240

購入予定のマンションも居住しているマンションもアルデヒド類に差がなく、p-ジクロロベンゼンは居住しているマンションの方が高値である。

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

我々は、最近問題となっているシックハウス症候群の予防的対応を目指して大学の中に揮発性有機化合物（VOC）を可能な限り低く抑えることを目指したモデルタウン、「ケミレスタウン」を建設した。ケミレスタウンの中に 2007 年 4 月に竣工した戸建て住宅型実験棟（住居ラボ）において室内空気中の VOC を測定し、構造材、内装材の違いによる VOC の違いを見た。その結果、構造材が鉄骨、内装は石膏プラスターを基本にした実験棟では室内空気中 VOC が低いまま推移したのに対し、構造材が杉、内装材も杉およびヒノキで建設した実験棟では室内空気中 VOC が高くなった。一方、シックハウス症候群問題を根本的に解決するには同症候群の発生機序および原因などについて正しい情報を伝えられる人材の育成が必要である。そのため、我々は平成 21 年度は関東地方を中心に自治体の衛生研究所などの室内空気質についての研究者らを対象に、平成 22 年度は一般市民を対象に基礎および専門講座を開き、知識の普及に努めた。同症候群は根本的な対策がなされていないため今後も患者が発生することが予想される。研究を進めるとともに知識の普及が必要であると思われる。

A. 研究目的

近年、住宅の高気密・高断熱化が進みエネルギー効率が良くなる一方で建材や内装材、家具等から放散される揮発性有機化合物（VOC）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。厚生労働省はこの問題を解決すべく 2003 年までにホルムアルデヒドを含む 13 の VOC について室内空気中濃度の指針値を設定した。しかし、シックハウス症候群の原因となる物質はそのほかにも数多くある。皮肉なことに、13 の物質について指針値が設定されたことで建築業界では代替えが進み、現在ではそれら 13 物質の多くが一般住宅の室内では非常に低い濃度でしか検出されなくなっている。

シックハウス症候群の原因となる物質は人によって異なる。また、その症状も人によって異なるため診断が非常に難しい。本人がシックハウス症候群を疑っても、明確に診断する方法がない。厚生労働省の発表によると同症候群の患者は日本人の人口の約 2% から 22% ほどと想定されている。すなわち、潜在的な患者が多く、

問題となる物質が存在しなければ発症しない疾患なのである。また、問題の化学物質が高濃度なら誰でも発症するわけではなく、化学物質に対して敏感な集団が発症すると考えられる。同症候群は一度発症してしまうと原因物質の濃度が十分に下がるか転居などをして住環境を完全に変わってしまうかしないと根本的な解決にならない。発症しないように、予防医学的に対応するのが最も有効である。そこで、化学物質に対して敏感、あるいは過去にシックハウス症候群の症状を発症した人にシックハウス症候群発症のリスクを減らすよう促す必要がある。

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。

本研究の目的の第一は、このケミレスタウンを利用して、同症候群の診断および治療システムを構築することである。

一方、同症候群は社会的にはあまり知られていない疾患である。天然素材を使えば同症候群

にならない、という間違っただ情報も多く流布している。同症候群について多くの人に正しい情報を伝えていくことが重要であると同時に、正しい知識をもとに正しい情報を伝えられる人が増えることが必要である。そこで、我々は本研究のもう一つの目的としてケミレスタウンを用いて同症候群について知識を普及させていくとともに正しい知識を身に付け、正しい情報を他に伝えていける人材を育成することを目指した。

B. 研究方法

平成 21 年度

(1) 平成 18 年度から 20 年度の厚生労働科学研究費補助金の分担研究の成果の一つである「ケミレス必要度テスト」をケミレスタウン・テーマ棟 1 階のギャラリーに設置した 3 台のコンピューター上と NPO ケミレスタウン推進協会の HP 上に掲載し、誰でもアクセスできるようにした。回答回数を集計し、年齢層、男女比などを検討した。

(2) 2007 年 4 月に竣工したケミレスタウン内の戸建て住宅型実験棟において室内空気中の揮発性有機化合物 (VOC) の測定を四季の変化に応じて年間 4 回実施した。

(3) ケミレスタウンの講義室において、シックハウスの基礎知識、分析方法に関する行政機関の衛生研究所の研究者などの専門性の高い職員を対象とした講座を一回開催した。

平成 22 年度

(1) 平成 22 年度は、引き続き「ケミレス必要度テスト」をインターネット上およびケミレスタウン・テーマ棟 1 階ギャラリーのコンピューター上で行えるようにしてアクセス数を増やした。

(2) 室内空気中 VOC の測定も平成 21 年度と同じ場所で年 4 回実施した。

(3) ケミレスタウンの講義室において、市民向けの講座を 4 回開催した。

本研究は千葉大学倫理審査委員会の承認を得ている。

C. 研究結果

平成 21 年度

(1) ケミレス必要度テストの結果

平成 21 年度は大手新聞が夕刊の一面で紹介し、その後その記事がインターネットニュースに掲載されたこともあり 5,868 名がアクセスし、5,830 名がテストに回答した。そのうち男性が 54%、女性は 46%であった。年齢別で見ると、もっとも回答者が多かったのが 30 代で 40%、続いて 40 代が 24%、20 代が 23%であった。テストに回答した人の内 62.8%が同症候群になりやすいことがわかった。

(2) 室内空気中 VOC の測定結果

年 4 回測定したが、ここでは夏の測定結果のみ示す。表 1 に示すとおり。軽量鉄骨の構造材と石膏プラスターの内装仕上げの戸建て住宅型実験棟 1 (住居ラボ 1) では総揮発性有機化合物 (TVOC) は $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下で推移していた。一方、杉・ヒノキの構造材と内装仕上げにした実験棟 2 (住居ラボ 2) では TVOC が 300 ~ $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。

(3) 人材育成講座

人材育成講座には関東地方を中心とした自治体の衛生研究所などの研究員など 30 名が参加し活発な質疑応答があった。

(表 1) 平成 21 年 TVOC 測定結果

	2009. 5. 18-19	
	1F リビング	2F 洋室
住居ラボ 1	37.5	39.3
平均気温	22.8	25.5
平均湿度	56.6	49.9
住居ラボ 2	306.0	718.6
平均気温	26.6	26.0
平均湿度	44.9	47.3

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(表2) 平成22年 TVOC測定結果

	2010.8.18-19	
	1F リビング	2F 洋室
住居ラボ1	87	108.1
平均気温	31.6	33.5
平均温度	61.7	56.4
住居ラボ2	253.1	349.6
平均気温	32.7	32.0
平均温度	58.9	59.3

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

平成22年度

(1) ケミレス必要度テストの結果

平成22年度は972名がアクセスしそのうち968名がテストに回答した。そのうち男性は34%、女性は66%であった。年齢別では平成21年度とほとんど変わらなかったが、もっとも回答者が多かったのは30代で39%、続いて40代で25%、次に20代で14%、50代が12%であった。テストに回答した人の内70.8%が同症候群になりやすいことがわかった。

平成21、22年度合わせると、テストに回答した人の内66.8%が同症候群になりやすいことがわかった。ただし、このテストを試すこと自体がその人の同症候群への関心の高さや同症候群のり患経験のあることなどが考えられることから、必ずしもこの数値が一般の人にあてはまるわけではないことが想像される。

(2) 室内空気中VOCの測定結果

表2に示すとおり。住居ラボ1では総揮発性有機化合物(TVOC)は $80\sim 100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下で推移していた。住居ラボ2ではTVOCが $250\sim 350\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。

(3) 人材育成講座

平成22年度は専門家ではなく一般市民を対象に講座を4回開催し合計64名が参加した。

D. 考察

研究結果から、シックハウス症候群についての関心は報道によって一時的に上昇することがその時期を過ぎると社会の関心は急速に低下することがわかった。しかし、ケミレス必要度テ

ストの結果、テストを受けた半数以上の方がシックハウス症候群になりやすいとされた。今後社会の関心を高めて住宅や家具購入の際に注意を喚起することが必要と思われた。

室内空気中のVOCに関しては、一般的には天然素材を使用すれば問題がないと思われているが、実験の結果から、天然素材で建築すると多くのVOCが室内に存在することになることがわかった。また、現在厚生労働省によって指針値が設定されている13の物質についてはごく低い濃度でしか検出されないにもかかわらずTVOCは高くなる。13物質のみが指針値よりも低いからといって同症候群が発症しないわけではないことを社会に周知する必要があると思われた。

人材育成については、一般市民への教育も大切ではあるが、ある程度VOCについての正しい知識を有している集団を対象に基礎知識について、VOCについて、分析方法について、など組織立てて教育を行ったほうがより効果的であろうことが考察された。

E. 結論

結論として、シックハウス症候群の潜在的な患者は多いと思われる。13物質以外の物質によって同症候群になる可能性のあること、天然素材を使用しても同症候群になる可能性のあること、構造材や内装材の工夫によって室内空気中VOCの濃度を低く抑えることが可能であることなどを伝える必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

(1) Nakaoka H, Todaka E and Mori C

An attempt to spread the concept of sustainable health science with environmental universal design for future generations. Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology, 54: 133 - 135, 2009.

(2) 戸高恵美子, 森千里 特集: 子どもと環境化学物質 — 病が“プログラム”される可能性 シックハウス症候群はなぜ減らないか — 解決の道筋をつけるために「科学」79: 989 - 991, 2009.

(3) 戸高恵美子 ケミレスタウン — 化学物質の人体汚染への対策 *Endocrine Disrupter News Letter*, 12: 2, 2009.

(4) 中岡宏子 「ケミレス必要度テスト」ウェブサイト上公開の試み — シックハウス症候群の予防のために — *Endocrine Disrupter News Letter*, 12: 3, 2009.

(5) 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 「医学のあゆみ」 228: 747 - 748, 2009.

(6) 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.

2. 学会発表 (招待講演含む)

(1) H. Nakaoka, E. Todaka, M. Hanazato and C. Mori : Development of self-check software on the website to prevent sick building syndrome. ISES 2009 annual conference: transforming exposure science in the 21st century (Minneapolis, Minnesota, USA)

(2) E. Todaka, H. Nakaoka, M. Hanazato and C. Mori : Two hundred and fifty micrograms/m³ is the safe level of the total volatile organic compounds. ISES 2009 annual conference: transforming exposure science in the 21st century (Minneapolis, Minnesota, USA)

(3) E. Todaka : Chemiless town project-town planning for future generations. International workshop on health, environment and town/life planning for sustainable welfare society (Kashiwa, Chiba, JAPAN)

(4) C. Mori : Town of public health project and sustainable health science. International workshop on health, environment and town/life planning for sustainable welfare society (Kashiwa, Chiba, JAPAN)

(5) 森千里 : 1884 - 2009 鷗外が出会った衛生学とその後の日本での環境予防医学の発展 (特別講演) フンボルト大学森鷗外記念館 (Berlin, Germany)

(6) M. Hanazato, E. Todaka, H. Nakaoka, H. Seto and C. Mori : A suggestion of “Healthy School” with lowvolatile organic compounds

(VOCs). 46th Congress of the European societies of toxicology (Dresden, Germany)

(7) 中岡宏子, 戸高恵美子, 花里真道, 森千里 ウェブサイト上のシックハウス症候群予防のための化学物質感受性スクリーニング “ケミレス必要度テスト” の有効性について 第16回日本免疫毒性学会学術学会 (旭川市民文化会館: 旭川市)

(8) 戸高恵美子, 中岡宏子, 花里真道, 森千里 : 難燃剤を含めた室内空气中揮発性化学物質 (VOC) によるシックハウス症候群の現状と対策. 第16回日本免疫毒性学会学術学会 (旭川市民文化会館: 旭川市)

(9) 花里真道, 戸高恵美子, 中岡宏子, 瀬戸博, 森千里 : ケミレスタウン・プレハブ実験棟における室内揮発化学物質の遮蔽および低減方法に関する研究. 第18回日本臨床環境医学会学術集会 (山陽新聞本社ビル: 岡山市)

(10) 中岡宏子, 戸高恵美子, 花里真道, 森千里 : シックハウス症候群予防のための化学物質感受性スクリーニング “ケミレス必要度テスト” のウェブサイト上での開発 第18回日本臨床環境医学会学術集会 (山陽新聞本社ビル: 岡山市)

(11) E. Todaka, K. Matsushita, H. Nakaoka, M. Nakazato and C. Mori : “Chemiless house” as an example of a house under the concept of the “environmental universal design” for children’s health. 3rd WHO international conference on children’s health and the environment (Busan, Korea)

(12) H. Nakaoka, E. Todaka, A. Fukuhara, Y. Kondo, M. Ishikiryama, M. Nakazato and C. Mori : Necessity of “chemiless lecture room” for healthy school environment. 3rd WHO international conference on children’s health and the environment (Busan, Korea)

(13) “The efficiency of chemical sensitivity screening test in Japanese, Korean and English to prevent sick building syndrome”, Nakaoka H, et al., ISES 2010.

(14) 「OA フロアー支持脚用接着剤由来のイソドデカンによるシックハウス症候群発症について」 戸高恵美子他、2010.

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	安藤 直也	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻
	池田 耕一	日本大学理工学部建築学科
	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 9 年間の調査に基づき、シックハウス 41 軒に住むシックハウス症候群を発症した 108 名の居住者の自覚症状と化学物質濃度の関係を、多変量ロジスティック回帰分析を用いて明らかにした。症状については QEESI 問診票から 10 症状と症状の重度化を取り上げ、性別や年齢等の交絡因子で調整を行ったオッズ比を算出した。その結果、オクタン、ベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルと多くの自覚症状との間に有意な関連性が見られ、心臓胸部症状や胸部・消化器症状、神経感覚症状でオッズ比が有意に 1 以上となった。これらの濃度形成に関わる住環境要因を抽出するため重回帰分析を行った結果、オクタンやベンゼン、酢酸ブチルには築年数や木材保存処理等の住宅竣工時の薬剤処理が、濃度形成に強く関与していることがわかった。同時に、衣類用防虫剤や芳香剤、喫煙等の居住者の住まい方が濃度形成に強く関係していることがわかった。また 12 軒の住宅を対象に、化学物質・微生物汚染による総合的な室内環境調査を実施した。その結果、複数の住宅で室内に真菌が発生している可能性が示唆された。また気管・粘膜症状に関して、症状の重度に影響を及ぼす要因として p-ジクロロベンゼン、TVOC、総浮遊真菌濃度が関係していた。

A. 研究目的

シックハウス問題に関しては、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、建築基準法の改正も含めて各種の対策が講じられてきた¹⁾。調査研究として、居住者の健康と関連させた継続的な室内環境の調査は極めて少なく、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、9 年間の調査データについて、統計解析結果を報告する。また化学物質・微生物汚染による総合的な室内環境調査の測定結果を報告する。

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 軒を対象として実施した(表 1)。

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ダスト中ダニアレルゲン濃度（2008年から）、④温湿度、⑤換気量、⑥換気システムの風量測定、⑦気密性能（⑤～⑦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1)}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 Jumbo⁴⁾）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。

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2)}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 aA' を算出し、気密性能を評価した。気密測定中の様子を写真2に示す。

微生物濃度の測定方法を表2に示す。

浮遊真菌濃度に関しては2007年～2008年の夏季から秋季にかけて行った。メルクエアサンプラー（MAS-100）を用いて、30秒かけて50Lの空気を培地（PDA培地）に吹き付けた。検体を25℃で5～7日間培養後、形成されたコロニー数をカウントし、1m³中のカビ数に換算する。測定箇所は居間、居間以外の居室、浴室、居間の外壁内、他室の外壁内、床下、外気である。壁体内についてはコンセントカバーに専用の測定器具を設置して測定した。

ダニアレルゲン量の測定は2008年10月～11月に実施した。床面に堆積したダストを1分間採取し、採取後はダストを冷蔵保存し酵素免疫測定法（ELISA法）により定量化する。測定したダニアレルゲンはDer1（糞由来）で、Der1はさらにDer p 1（ヤケヒョウヒダニ由来アレルゲン）とDer f 1（コナヒョウヒダニ由来アレルゲン）に分類した。

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）⁵⁾」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、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. SHS108名の自覚症状に影響を及ぼす化学物質濃度の検討

ここでは2000～2008年度の調査結果に基づき、居住者の自覚症状に影響を及ぼす化学物質濃度の検討を行う。

1.1 分析対象

2000年から2008年の9年間に亘って調査を行い、248名（延べ435人）の協力が得られた。調査員の問診によって、①「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」、②「家の中にいる時に症状が発現する」という回答が得られた108名（43.5%）を「シックハウス症候群（以下SHS）」群とした。なお、この判定は、化学物質濃度とQEESI問診票の結果はブランク状態下で行われている。今回はSHSを発症した108名を分析対象とする。108名のうち男性が43名、女性が65名となっている。

1.2 症状の定義

108名に関して、分析対象となる症状は

QEESI問診票から10症状と、10症状合計点についてである。QEESI問診票では、各症状を0点から10点満点で評価していく。ここでは1点以上を「有症」、0点を「症状なし」として、各分析を行った。また10症状の合計点数は、0～19点と「軽度」、20～39点を「中程度」、40～を「重度」と評価し⁵⁾、重度群（40～100点）と軽度・中程度群（0～39点）で化学物質濃度が症状合計に与える影響を評価した。男女別の各症状の有症率の結果を図1に示す。気管・粘膜症状や皮膚症状の有症率が高かった。また男女差の検定を行った結果、神経・感覚症状、頭部症状、泌尿・性器症状で有意差が得られ、有症率は女性の方が高くなった。

1.3 化学物質濃度の測定結果

化学物質濃度の測定は1住宅で複数点測定しているが、より危険側を見るため今回は1住宅で検出された化学物質濃度の最大値をその住宅の代表値として採用した。41軒の代表値を表5に示す。このうち今回は検出割合が3割を超過した化学物質を今後の分析対象とした。

指針値が策定されている物質のうちホルムアルデヒドは2分位点（25～50%値）で、すでに指針値を超過する住宅が見られる。アセトアルデヒドは、ほとんどの住宅が指針値 $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過している。トルエンやp-ジクロロベンゼンも、95%値でそれぞれ指針値を超過しており、一部の住宅は $5000\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過していた。TVOC濃度も全体的に高く、2分位点以上で暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過している。

1.4 分析方法

化学物質濃度とSHS居住者の自覚症状との関連を明らかにするため、まず初めに単変量解析を行った。次に多変量ロジスティック回帰分析を行い、交絡因子で調整を行ったオッズ比を算出した。今回は交絡因子として、性別、年齢、アレルギー既往歴、室内のペットの有無、温度、築・リフォーム年数で調整を行った。分析対象とする化学物質は、対数正規性を考慮して各化学物質濃度の対数を取り、オッズ比は化学物質濃度が10倍増加するごとのオッズ比を示す。なお有意差が得られた場合は*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$ 、***: $p < 0.001$ を付記する。

1.5 分析結果

表6と表7に単変量解析及び多変量ロジスティック回帰分析結果を示す。症状別でみると、心臓・胸部症状、胸部消化器症状、神経感覚症状、頭部症状、症状合計で、多くの化学物質濃度が増加するほどこれらの症状を発症するリスクは有意に1以上となった。一方、気管粘膜症状や情緒症状、皮膚症状と化学物質濃度に有意な因果関係はあまり得られなかった。これは症状がアレルギー症状と似ており、もともとSHS発症者の中にアレルギー既往歴を持つ居住者が多いため、化学物質のみによって症状を発症したわけではないためだと考えられる。

化学物質ごとに見ていくと、オクタンやベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチル等が症状との間に有意な関連性が見られた。ベンゼン濃度の増加と心臓・胸部症状、胸部・消化器症状、思考能力、神経・感覚書状、頭部症状、症状合計に有意な関連性が見られ、それぞれオッズ比は6.19、7.44、6.01、11.6、3.28、4.31とそれぞれ有意な発症リスク要因となった。酢酸ブチルは胸部・消化器症状、思考能力、神経・感覚症状と有意差が得られ、化学物質濃度が10倍するごとのオッズ比はそれぞれ9.35、4.80、5.04となり、症状に与える影響が大きい。

今回症状との間に有意差が得られたベンゼンや1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチル等は指針値が策定されていない未規制の物質である。ベンゼンの毒性は非常に強いことが知られており、急性曝露では目眩や嘔吐などの中枢神経に影響を及ぼす。発ガン性も指摘されており、国際がん研究機関でもグループ1に発がん性物質に指定されており。既往のリスク評価においても、相対的にリスクが高いことが報告されている⁶⁾。

1,3,5-トリメチルベンゼンも芳香族系の化学物質に分類される。やはり頭痛や目眩といった中枢神経に影響を及ぼすことが報告されており、本研究とも一致する。このように、現在は規制が行われていない化学物質も居住者の自觉症状に何らかの影響を及ぼしていることが明らかとなった。

2. 化学物質濃度形成に関わる住環境要因の抽出調査した62軒172室に関して、化学物質濃

度の増減に影響を及ぼす住環境要因を抽出する。

2.1 分析方法

対象とする化学物質は、SHSを発症した居住者の自觉症状に影響を及ぼしていたオクタン、ベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルの4物質とした。説明変数は、築・リフォーム年数や延床面積などの住宅形式、内装材仕様、生活状況や薬剤処理・薬品使用と化学物質測定時の室内温湿度環境要因である。説明変数の一覧を表8に示す。

分析方法は重回帰分析を用いる。まず初めに単変量解析においてノンパラメトリック検定(Mann-WhitneyのU検定)を行った。次に単変量解析で有意差 $p < 0.2$ の要因を共変量として、ステップワイズ法でF値の有意差が0.15以下の要因が抽出されるように分析を行った。この際、住宅形式、築・リフォーム年数、延床面積、測定時温度、測定時相対湿度は単変量解析の結果、有意差が得られなくても他の共変量と同時に投入した。また今回はどの要因が室内気中化学物質濃度の形成に関与しているかを検討するため、より幅広い要因が抽出されるようにF値の有意差を設定した。

2.2 分析結果

表9にオクタン、ベンゼン、1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルの重回帰分析結果を示す。なお β は標準化偏回帰係数を示す。

オクタンやベンゼン1,3,5-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルは築・リフォーム年数が強く濃度形成に影響を及ぼしており、築・リフォーム年数が若いほど濃度が高くなった。また住宅竣工時の木材保存処理が1,3,5-トリメチルベンゼンや酢酸ブチルの濃度形成に強く影響しており、それぞれ β は0.314 ($p = 0.001$)、0.349 ($p < 0.001$)となった。よってこれらの化学物質は、住宅竣工時やリフォーム時の建材選定や薬剤処理が大きく影響を及ぼしていた。

これと同時に、住まい方としてトイレクリナーの使用が1,3,5-トリメチルベンゼンや酢酸ブチルの濃度形成に強く影響を及ぼしており、それぞれ β は0.288 ($p < 0.001$)、0.348 ($p < 0.001$)となった。この他にも衣類用防虫剤の使用や芳香剤の使用が濃度増加要因として抽出された。