

原著論文

室内環境汚染物質及び生活背景と自覚症状との関連

山崎雪恵, 王 炳玲, 坂野紀子, 汪 達紘, 瀧川智子

[受付 2006.1.18] [受理 2006.6.30]

Relationship between Indoor Air Pollutants and Living Environment and Subjective Symptoms

Yukie YAMASAKI, Bingling WANG, Noriko SAKANO,

Dahong WANG, Tomoko TAKIGAWA

[Received January 18, 2006] [Accepted June 30, 2006]

要 旨

シックハウス症候群 (SHS) は医学的に確立した単一の疾病というよりも, 室内空気質に起因する健康障害といえる。発症には様々な環境因子への曝露が指摘されているが, 解明が進んでいないものも多い。そこで, SHS の自覚症状と住居環境や住まい方との関連を明らかにすることを目的として, 岡山県内において一般住宅を対象に環境測定 (室内気中化学物質濃度, 空気中真菌濃度, ダニアレルゲン量) 及び質問票調査を実施した。何らかの自覚症状がよくある, またはときどきあり, 家の環境によるものとする SHS の定義に該当したのは 42 名 (17.0%) であった。単変量解析では, SHS 症状と関連する生活背景項目としてカビ臭いにおいがする, 家のおいが気になる, 家の空気が悪いと感じる, 家具のおいが気になる, 睡眠が不十分, アレルギーの既往でオッズ比が高く, 睡眠時間では SHS 群の方が有意に短く, 室内環境測定との関連では, アルデヒド類数種の濃度が SHS 群の家屋で高く, *Fusarium* 属が多く検出された。ロジスティック回帰分析では, SHS と有意な関連がみられたのは, 生活背景ではカビくさいにおいがする, 家の空気が悪いと感じる, 睡眠が不十分であった。室内環境測定では化学物質, ダニアレルゲンの関与は認められなかったが, 空気中総真菌濃度の OR が高く, SHS 群の家屋は真菌濃度が高いと考えられた。

Abstract

Sick House Syndrome (SHS) is characterized by subjective responses to indoor air contamination. Frequent symptoms include eye, skin, and nose irritation, headache, and fatigue. Although some environmental factors have been put forth as being involved in the occurrence of the symptoms, none has been proved. To clarify the relationship between subjective symptoms of SHS, indoor air pollutants, and the living environment, we took environmental measurements of organic compounds, fungal levels, and house dust mite allergens in ordinary houses in Okayama, Japan and administered questionnaires to their inhabitants. We defined persons complaining of one or more of six subjective symptoms related to the dwelling environment as SHS. In this study, 42 people (17.0%) had SHS. Factors significantly related to SHS were: a moldy odor, perception of an odor in the dwelling, a feeling that the air is bad in the dwelling, perception of an odor from the furniture, sleeplessness, and a history of allergic diseases. People with SHS lived in the dwellings with higher concentrations of some aldehydes and *Fusarium*. In multiple logistic regression analysis, significant causative factors of SHS were: a moldy odor, a feeling that the air is bad in the dwelling, and sleeplessness. Although organic compounds and house dust mites showed no relationship to SHS, higher fungal levels were found in the dwellings where people had SHS. These results suggest that dampness in dwellings is an important factor in SHS.

Key words: sick house syndrome, aldehydes, volatile organic compounds (VOC), house dust mites, mold

1. 緒言

シックハウス症候群 (Sick House Syndrome : SHS) は建物内に居住することに由来する様々な体調不良を指し¹⁾, 発症関連因子として様々な環境因子への曝露が指摘されている。しかし全ての因子において解明はされておらず, 質問票によるSHSの疫学調査^{2,3)} や各環境因子についての室内空気汚染の報告^{4,5)} はあるが, 日本国内において室内環境測定と症状との関連について検討した報告はまだ少ない。そこで, SHSの自覚症状と住居環境や住まい方との関連を明らかにすることを目的として, 岡山県内において環境測定及び質問票調査を実施した。なお, 全国5地域 (北海道, 福島県, 愛知県, 大阪府, 福岡県) においても同一のプロトコールに基づいた調査が行われた⁶⁾。

2. 研究方法

2.1 調査対象

2003年度に建築確認申請時に築5年以内 (回答時には築6年以内) であった家屋を無作為に抽出し, 住環境と健康状態に関する質問票調査を実施した。このとき回答が得られた新築家屋519軒の中から, 本調査への参加に同意した83軒を調査対象とした。調査時期は, 2004年9~12月初旬で, 各対象家庭に事前に調査内容の説明文書を送付し, 後日個別に電話で連絡をした。

なお, 本研究は岡山大学大学院医歯学総合研究科内に設置された疫学研究倫理審査委員会の承認を受けている。実施にあたって, 対象者に対しては研究の目的, 方法, 予想される得失, および自由意志による参加等について, 書面による十分な説明に基づく同意 (インフォームドコンセント) を行った。また, 本研究の過程で得られた個人情報に関わるデータについては厳格な秘密保持に努めた。

2.2 室内環境測定

室内環境測定は居間で行った。室内気中化学物質濃度は対象物質をアルデヒド類12種類, 揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds: VOC) 28種類とした。測定方法は, パッシブサンプラー (アルデヒド類: DSD-DNPH, VOC: VOC-SD, いずれもSupelco) を用いて, 室内の床から約150 cm (呼吸域) の位置で24時間捕集した。同時に温度・湿度を15分間隔で測定 (Thermo Recorder TR-72U,

株式会社ティアンドデイ) し, 24時間の平均温湿度を算出した。サンプラーは採取後, 冷蔵保存し, アルデヒド類はアセトニトリルで溶出後, HPLCで, VOCは二硫化炭素で抽出後, GC-MSで分析を行った。

空气中真菌濃度についてはエアサンプラー (エアサンプラー-BIO-SAS, PBI international) にDG-18寒天培地を装着し, 部屋の中央部分の床上150 cmで室内空気を100 L吸引し, 25°C, 5~10日間培養後, 真菌の計数と同定を行った。

ダニアレルゲン量は, ヤケヒョウヒダニ由来のDer p1, コナヒョウヒダニ由来のDer f1, その合計量のDer 1について調査した。調査当日は居間の床掃除は避けてもらい, 中央部分の床を, 専用紙パックを装着したハンドクリーナ (HC-V15, 松下電器産業株式会社) で吸引, 集塵した。吸引面積はフローリングまたは畳で2m², カーペットで1m²とした。分析はELISAで行った。

2.3 自記式質問調査票

生活環境に関する質問については世帯主またはそれに準ずる者に, 基本属性・健康と生活習慣に関する質問については調査対象家屋の居住者全員に記入を依頼した。住居形態, 構造, 周辺の幹線道路の有無等の質問項目については2003年度に実施した質問票調査の結果を用いた。質問票調査の内容を以下に示す。

1) 生活環境について

2年以内のリフォームの有無, 芳香剤・防虫剤の使用, 結露・カビ発生の有無, カビ臭いにおい, 風呂場での濡れタオルの乾きにくさ, 水漏れの有無, 屋内でのペットの飼育, 喫煙者の有無, 測定器を設置した居間についての質問項目 (床にカーペットを敷いているか, 床の材質, 壁の材質, ドライクリーニングをした衣類の有無, 調査日のベンジン, シンナー, 塗料, マニキュア・除光液の使用状況)。

2) 基本的属性・生活習慣

年齢, 性別, 世帯人数, 家・家具のにおい・室内の空気が気になる, 喫煙状況 (吸わない, 以前吸っていた, 吸う), 在宅時間 (8時間以下, 8~12時間, 12~16時間, 16~20時間, 20時間以上), 睡眠時間, 睡眠時間は十分か, 運動 (ほぼ毎日, 週2~4回, 週1回程度, 月1程度, ほとんどしていない), 飲酒 (ほぼ毎日, 週3~5回, 週1~2回, 月1~2回, 年1

～10回, 飲まない), 朝食摂取 (ほぼ毎日, ときどき, 食べない), 栄養バランス (考える, 少しは考える, 考えない), 労働時間 (11時間以上, 10時間, 9時間, 8時間, 7時間以下), ストレス (多い, 普通, 少ない), 職業と具体的な業務内容, 業務での危険物や化学物質の取り扱い, 業務での粉塵への曝露, 医師に診断されたことのあるアレルギー疾患の有無 (気管支喘息, アトピー性皮膚炎, 花粉症, アレルギー性鼻炎, アレルギー性結膜炎: 現在治療中, 以前治療していた, ない), 最近3ヶ月間の自覚症状 (皮膚, 眼, 鼻, 喉, 全身症状及び精神・神経症状: よくあった, ときどき, ない).

3) 住居についての基本情報 (2003年度質問調査票の解析に使用した項目)

住居形態 (一戸建て, 集合住宅), 構造 (木造・木質系, 鉄筋コンクリート・鉄骨系・コンクリート系, その他), 築年数 (解析時には2004年度の築年数として1を加えた), 周辺の幹線道路 (片側2車線以上) またはバイパス・高速道路の有無 (面している, 50 m 以内, 50～100 m, 100～300 m, 近くにない), 室内の換気に普段注意している.

2.4 解析方法

質問調査票と環境測定の実施対象者は, 環境測定を実施した83軒において, 最近3ヶ月間の自覚症状, 生活習慣, アレルギーの既往の質問項目に欠損値のあるケースを除外し, 247名とした.

本研究におけるシックハウス症状の定義は, 質問調査票における最近3ヶ月間の自覚症状を使用した. 1つ以上の自覚症状において「はい, よくあった (毎週のように)」あるいは「はい, ときどき」で, その症状が「自宅の環境によるものと思う」と回答とした者をSHSとした. シックハウス症状はアレルギー疾患でみられる症状と類似していることが多いため, この2つの差別化のため自覚症状について「自宅の環境によるものと思う」かどうかを問うた. しかし, 厳密な区別は困難であり, 本研究におけるSHSにはアレルギー症状が含まれている可能性がある. 実際にアレルギー症状が新築家屋への入居により増悪した場合はSHSとみなすことができると考えられるので, この定義を用いた.

化学物質濃度について, 異性体の存在する物質については各異性体の合計濃度とした. 総揮発性有機化合物 (Total Volatile Organic Compounds: TVOC)

濃度は, 対象としたVOC濃度の総和とした. 室内環境測定の結果は各数値の特性により, 化学物質濃度及びダニアレルゲン量は幾何平均値, 幾何標準偏差で, 真菌濃度は中央値と範囲で検討した. 化学物質濃度, ダニアレルゲン量 ($\mu\text{g/g dust}$) が検出限界以下であったものについては検出限界値の1/2を付与して解析した.

室内環境測定の結果と築年数等の相関は, Spearmanの順位相関係数を用いて検討した. SHSと各要因との関連性については, 対象者をシックハウス症状の有無で2群に分け, 生活背景との関連性をPearsonの χ^2 検定, Fisherの検定を使用した. その際, 質問票の選択肢が3値以上の項目については各項目の上位25%程度をリスクととらえて解析を行った. 環境測定の結果については各家屋の測定結果を個人に割り当て, シックハウス症状の有無別でMann-Whitney検定を用いて検討した. さらにシックハウス症状の有無を従属変数, 単変量解析で有意確率 $p \leq 0.20$ であった調査票項目及び環境測定結果をカテゴリ分けした変数をロジスティック回帰分析に投入する候補変数とし, 変数減少法による説明変数選択 (選択基準 $p < 0.1$) を行い, オッズ比 (OR) と95%信頼区間 (95%CI) を求めた. その際, 築年数, 性別, 年齢, アレルギー既往の有無, 平均温湿度で調整した. カテゴリ分けは, 化学物質濃度についてはホルムアルデヒド, アセトアルデヒドは指針値, TVOC濃度は暫定目標値で二値に分け, 空気中総真菌濃度, ダニアレルゲン量については基準値によって分類した (空気中総真菌濃度⁷⁾: $<100, 100-1000, >1000 \text{ CFU/m}^3$, ダニアレルゲン量Der 1⁸⁾: $<2, 2-10, \geq 10 \mu\text{g/g dust}$). 統計解析にはSPSS 11.0J (SPSS Inc.) を用い, 有意確率 $p < 0.05$ とした.

3. 研究結果

3.1 対象家屋及び対象者の属性

対象家屋83軒の2004年度時の築年数 (平均 \pm 標準偏差) は 3.9 ± 1.5 年で, 一戸建て88.0%, 集合住宅12.0%, 構造は木造57.8%, 鉄筋42.2%であった. 家族数は4名が44.6%と最も多く, 次いで3人 (16.9%), 2人 (13.3%) であった. 家屋付近の幹線道路の有無については近くにない家屋が60.2%と最も多く, 50 m以内にあるのは8.4%であった. 換気に注意していると答えた家屋は88.0%であった. 2年以内にリフォームをしている家屋は3.6%

で、芳香剤の使用は53.0%であり、防虫剤の使用は66.3%であった。湿気の指標として、結露の発生が77.1%、カビの発生は75.9%、カビ臭いにおいを感じたことがあるのは13.3%、濡れタオルが乾きにくい家屋は26.5%、水漏れがあったのは8.4%であった。ペットを飼っている家屋は26.5%で、喫煙者がいる家屋は27.7%であった。対象者247名については、女性が52.2%を占め、年齢（平均±標準偏差）は32.0±19.6歳で、年代は30歳代が25.5%と最も多かった。医師に診断されたアレルギーの有無については、対象疾患のいずれかが治療中であったのは12.5%、既往を含めると40.7%であった。現在治療中で最も多かったのはアレルギー性鼻炎が5.3%、既往も含めると26.8%であった。

最近の自覚症状から判断したSHS該当者は42名（17.0%）であった。家の環境による症状として鼻症状が多く、半数が症状を有していた（Table 1）。

Table 1 Three-month prevalence of symptoms related to dwellings (n = 247, multiple answers)

	SHS	
	n	%
One or more of the following symptoms	42	17.0
Type of symptoms		
Skin	11	4.5
Eye	5	2.0
Nose	21	8.5
Throat	14	5.7
General symptoms	11	4.5
Psychologic symptoms	10	4.0

3.2 環境測定の結果

24時間の平均温湿度（平均値±標準偏差）は、温度22.2±3.8°C、湿度60.0±7.9%であった。

室内化学物質濃度をTable 2に示す。厚生労働省が示している指針値を超過していたのは、ホルムアルデヒド1軒、アセトアルデヒド6軒、*p*-ジクロロベンゼン1軒であった。トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンでは指針値を超過した家屋はなかった。TVOC（範囲：30-1147 µg/m³）は暫定目標値を上回った家屋が3軒であった。築年数と化学物質濃度の相関を検討したところ、アセトン（ $r=-0.252, p<0.05$ ）、メチルイソブチルケトン（ $r=-0.289, p<0.01$ ）、 α -ピネン（ $r=-0.371, p<0.001$ ）で有意であり、築後濃度が徐々に低下していると思われた。

空气中真菌の検出割合が最も高かったのは *Cladosporium* 属、次いで *Penicillium* 属、*Aspergillus* 属であった。真菌濃度も同様に *Cladosporium* 属、*Penicillium* 属、*Aspergillus* 属の順で、その他の菌種については検出割合、濃度ともに低かった（Table 3）。また、総真菌濃度と質問調査票における湿度環境の指標の項目数との相関を検討したが、有意ではなかった（ $r=-0.054, p=0.629$ ）。

ダニアレルゲン量（幾何平均値±幾何標準偏差）は、Der p1が0.37±7.36 µg/g dust、Der f1が1.47±5.74 µg/g dust、Der 1が2.31±6.32 µg/g dustであった。カーペットからの採取ではDer p1（幾何平均値：0.73 µg/g dust）、Der f1（2.53 µg/g dust）ともに高く、フローリングではDer p1（0.17 µg/g dust）、Der f1（0.71 µg/g dust）とも低かった。

3.3 シックハウス症状と生活背景・環境測定結果の関連

生活背景に関するアンケート項目に対してシックハウス症状に対するORを算出した（Table 4）。SHS群では防虫剤を使用している家屋が少なかった（OR=0.43）。湿気の指標となる項目では、カビ臭いにおいのみが有意であった（OR=3.86）。

性別に関しては有意ではなかったが、女性の方が症状を有する傾向を示した（OR=1.82）。室内空気質に対する主観的知覚についての項目では、家のおい気になる（OR=3.06）、家の空気が悪いと感じる（OR=4.62）、家具のおい気になる（OR=3.33）において有意であった。睡眠に関しては、睡眠が不十分で有意で（OR=3.20）、睡眠時間ではSHS群の方が睡眠時間が有意に短かった（OR=2.16）。また、SHS群はストレスが多い傾向を示した（OR=1.81）。何らかのアレルギーの既往がある者がSHS群で有意に多かった（OR=2.21）。

室内化学物質濃度では検出割合が10%以上の物質及びTVOCについて検討した（Table 5）。厚生労働省が示している指針値のある化学物質（TVOCは暫定目標値）では有意差は認められなかった。ブチルアルデヒド、ベンズアルデヒド、イソバレルアルデヒド、ヘキサナールにおいて症状のある家屋の方が有意に高いという結果を得た。TVOC濃度とSHS有訴個数の相関を検討したが、相関はみられなかった（ $r=-0.062, p=0.335$ ）。空气中真菌濃度についても同様に検出割合10%以上の9種属と総真菌濃度につ

Table 2 Indoor concentrations of organic compounds (n = 83)

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			Detection rate (%)
	Guideline value	GM	GSD	
Aldehydes				
Formaldehyde	100	35.6	1.6	100.0
Acetaldehyde	48	17.1	2.0	100.0
Acetone	-	29.5	1.5	100.0
Acrolein	-	0.5	1.3	1.2
Propionaldehyde	-	7.0	2.4	96.4
Butyraldehyde	-	1.4	2.8	62.7
Benzaldehyde	-	2.4	4.0	69.9
iso-Valeraldehyde	-	1.2	4.2	31.3
Valeraldehyde	-	1.6	3.4	61.4
Tolualdehyde	-	2.1	3.0	36.1
Hexanal	-	5.9	3.2	92.8
2,5-Dimethylaldehyde	-	0.6	1.8	8.4
VOCs				
Alkanes				
n-Hexane	-	1.0	2.7	38.6
2,4-Dimethylpentane	-	0.5	1.3	2.4
n-Heptane	-	1.0	3.3	30.1
n-Octane	-	0.8	2.6	27.7
n-Nonane	-	1.6	4.0	51.8
n-Decane	-	1.7	4.3	48.2
Undecane	-	1.6	3.7	55.4
Terpenes				
α -Pinene	-	5.4	5.0	79.5
Limonene	-	10.7	4.0	94.0
Aromatic hydrocarbons				
Toluene	260	12.7	1.9	100.0
Ethylbenzene	3800	2.4	2.2	88.0
Xylene	870	4.2	2.7	100.0
Styrene	220	0.6	1.8	4.8
Trimethylbenzene	-	4.1	2.4	83.1
Halogenated hydrocarbons				
Chloroform	-	0.6	1.9	15.7
1,2-Dichloroethane	-	0.5	1.0	0.0
1,1,1-Trichloroethane	-	0.5	1.5	4.8
Carbon tetrachloride	-	0.5	1.0	0.0
1,2-Dichloropropane	-	0.5	1.0	0.0
Chlorodibromomethane	-	0.5	1.4	2.4
Trichloroethylene	-	0.5	1.3	3.6
Tetrachloroethylene	-	0.5	1.2	2.4
p-Dichlorobenzene	240	4.0	5.9	79.5
Esters				
Ethyl acetate	-	2.5	3.5	71.1
Butyl acetate	-	1.5	3.0	56.6
Others				
Ethyl methyl ketone	-	1.2	2.9	48.2
Methyl isobutyl ketone	-	0.7	2.0	18.1
n-Butanol	-	0.8	2.0	34.9
TVOC	400	104.0	2.1	-

GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation

Detection limit: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Table 3 Detection rate and colony-forming units (CFU) of mold (n = 83)

	CFU/m ³			Detection rate (%)
	Median	Minimum	Maximum	
<i>Cladosporium</i>	170	0	2440	91.6
<i>C. cladosporioides</i>	170	0	2440	86.7
<i>C. herbarum</i>	0	0	50	2.4
<i>C. sphaerospermum</i>	0	0	60	2.4
<i>Penicillium</i>	20	0	2490	66.3
<i>Aspergillus</i>	10	0	290	56.6
<i>A. flavus</i>	0	0	30	6.0
<i>A. fumigatus</i>	0	0	20	6.0
<i>A. niger</i>	0	0	100	36.1
<i>A. ochraceus</i>	0	0	80	7.2
<i>A. sydowii</i>	0	0	90	6.0
<i>A. terreus</i>	0	0	110	1.2
<i>Alternaria</i>	0	0	50	26.5
<i>A. alternate</i>	0	0	50	21.7
<i>Fusarium</i>	0	0	100	24.1
<i>Arthrinium</i>	0	0	50	19.3
<i>Pestalotiopsis</i>	0	0	40	18.1
<i>Botrytis</i>	0	0	30	13.3
<i>Rhodotorula</i>	0	0	330	13.3
<i>R. minuta</i>	0	0	30	1.2
<i>R. rubra</i>	0	0	10	2.4
<i>Aureobasidium</i>	0	0	30	7.2
<i>A. pullulans</i>	0	0	30	4.8
<i>Cryptococcus</i>	0	0	20	6.0
<i>C. albidus</i>	0	0	10	1.2
<i>C. laurentii</i>	0	0	20	4.8
<i>Myriodontium</i>	0	0	50	6.0
<i>Eupenicillium</i>	0	0	10	4.8
<i>Eurotium</i>	0	0	30	4.8
<i>E. chevalieri</i>	0	0	10	1.2
<i>E. herbariorum</i>	0	0	20	4.8
<i>Paecilomyces</i>	0	0	10	4.8
<i>Acremonium</i>	0	0	20	3.6
<i>Aphanocladium</i>	0	0	10	3.6
<i>Chaetomium</i>	0	0	20	3.6
<i>Rhizopus</i>	0	0	10	3.6
<i>R. oryzae</i>	0	0	10	2.4
<i>R. stolonifer</i>	0	0	10	1.2
<i>Trichoderma</i>	0	0	10	3.6
<i>Candida</i>	0	0	60	2.4
<i>C. parapsilosis</i>	0	0	30	1.2
<i>Curvularia</i>	0	0	40	2.4
<i>Phoma</i>	0	0	10	2.4
<i>Engyodontium</i>	0	0	10	1.2
<i>Nigrospora</i>	0	0	10	1.2
<i>Thysanophoras</i>	0	0	10	1.2
Unidentified fungi	20	0	230	-
Total	320	0	2680	-

Table 4 Sick house syndrome symptoms in relation to dwellings and personal characteristics

	SHS (n = 42)		Non-SHS (n = 205)		OR	95% CI
	n	%	n	%		
Renovation	1	14.3	6	85.7	0.809	0.095-6.900
Use of fragrance	22	16.4	112	83.6	0.913	0.470-1.776
Use of mothballs	21	12.8	143	87.2	0.434	0.221-0.851
Condensation	34	17.3	163	82.7	1.095	0.472-2.541
Mold growth	32	16.7	160	83.3	0.900	0.411-1.970
Moldy odor	13	38.2	21	61.8	3.864	1.745-8.556
Slow drying of wet towels in the bathroom	14	21.5	51	78.5	1.495	0.728-3.070
Water leakage	4	20.0	16	80.0	1.243	0.394-3.926
Pets in home	25	14.7	145	85.3	0.609	0.307-1.208
Smoking indoors	16	20.0	64	80.0	1.356	0.681-2.701
Sex: Female	27	20.9	102	79.1	1.818	0.914-3.617
Male	15	12.7	103	87.3		
age* 0-19	13	16.9	64	83.1		p=0.184
20-39	14	16.5	71	83.5		
40+	15	17.6	70	82.4		
Perception of an odor in the dwelling	10	34.5	19	65.5	3.059	1.304-7.077
Feeling that the air is bad in the dwelling	10	43.5	13	56.5	4.615	1.866-11.413
Perception of an odor from the furniture	5	38.5	8	61.5	3.328	1.032-10.735
Current smoking	5	13.5	32	86.5	0.731	0.267-2.000
Time spent in the dwelling (≥ 16 hours)	17	17.9	78	82.1	1.107	0.562-2.180
Sleeping (< 6.5 hours)	12	27.3	32	72.7	2.163	1.003-4.663
Sleeplessness	26	27.4	69	72.6	3.203	1.612-6.366
Plays sports (No)	21	16.8	104	83.2	0.971	0.500-1.886
Drinks alcohol (≥ 1 /year)	21	17.9	96	82.1	1.135	0.584-2.206
Eats breakfast (sometimes or never/daily)	5	13.5	32	86.5	0.731	0.267-2.000
Balance of nutrition (not considered/considered)	24	17.4	114	82.6	1.064	0.544-2.081
Working time (≥ 10 hours/ ≤ 9 hours)	10	12.7	69	87.3	0.616	0.286-1.326
Stress (moderate and stressful)	17	23.3	56	76.7	1.809	0.909-3.602
Occupational use of hazardous materials, chemicals	1	3.4	28	96.6	0.154	0.020-1.166
Occupational use of dust	4	18.2	18	81.8	1.094	0.350-3.413
History of allergic diseases (under/former treatment)	25	23.4	82	76.6	2.206	1.121-4.339

Fisher's exact test, *chi-square test

Table 5 Sick house syndrome symptoms in relation to concentrations of organic compounds

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				p
	SHS (n = 42)		Non-SHS (n = 205)		
	GM	GSD	GM	GSD	
Aldehydes					
Formaldehyde	40.0	1.5	35.6	1.6	0.179
Acetaldehyde	17.8	1.9	18.0	2.0	0.699
Acetone	32.2	1.4	29.9	1.6	0.145
Propionaldehyde	7.7	2.7	7.5	2.3	0.228
Butyraldehyde	2.1	2.7	1.4	2.8	0.008
Benzaldehyde	4.6	4.5	2.1	4.0	0.001
iso-Valeraldehyde	2.1	5.7	1.2	4.1	0.030
Valeraldehyde	2.2	3.7	1.6	3.5	0.114
Tolualdehyde	2.8	3.4	1.8	2.8	0.056
Hexanal	9.0	2.9	5.8	3.1	0.023
VOCs					
Alkanes					
n-Hexane	1.1	2.5	1.0	2.8	0.561
n-Heptane	1.1	3.2	1.0	3.4	0.798
n-Octane	0.8	2.2	0.9	2.7	0.924
n-Nonane	2.0	3.9	1.6	3.9	0.301
n-Decane	1.6	4.1	1.8	4.4	0.681
Terpenes					
α -Pinene	5.9	4.0	5.7	4.9	0.787
Limonene	10.9	4.2	11.5	3.9	0.378
Aromatic hydrocarbons					
Toluene	12.2	1.8	13.4	1.9	0.315
Ethylbenzene	2.7	2.0	2.5	2.1	0.528
Xylene	4.9	2.3	4.3	2.6	0.312
Styrene	0.6	2.1	0.5	1.5	0.651
Trimethylbenzene	4.3	2.3	4.1	2.3	0.689
Halogenated hydrocarbons					
Chloroform	0.8	2.3	0.6	1.8	0.154
<i>p</i> -Dichlorobenzene	3.6	6.5	3.6	5.4	0.789
Esters					
Ethyl acetate	2.4	3.6	2.5	3.5	0.957
Butyl acetate	1.4	3.4	1.6	3.0	0.412
Others					
Ethyl methyl ketone	0.9	2.3	1.4	3.0	0.012
Methyl isobutyl ketone	0.5	1.5	0.7	2.2	0.007
n-Butanol	0.7	1.9	0.8	2.0	0.378
TVOC	103.8	2.1	107.0	2.0	0.363

GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation
 Detection limit: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Table 6 Sick house syndrome symptoms in relation to fungal level

	CFU/m ³						p
	SHS (n = 42)			Non-SHS (n = 205)			
	Median	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	
<i>Cladosporium</i>	175	0	2440	160	0	2440	0.373
<i>Penicillium</i>	20	0	130	20	0	2490	0.586
<i>Aspergillus</i>	0	0	100	0	0	100	0.841
<i>Alternaria</i>	0	0	20	0	0	50	0.069
<i>Fusarium</i>	0	0	100	0	0	100	0.047
<i>Arthrinium</i>	0	0	40	0	0	50	0.607
<i>Pestalotiopsis</i>	0	0	40	0	0	40	0.415
<i>Botrytis</i>	0	0	30	0	0	30	0.441
<i>Rhodotorula</i>	0	0	20	0	0	290	0.578
Total	280	30	2680	300	0	2680	0.817

Table 7 Sick house syndrome symptoms in relation to house dust mite allergen concentrations

	µg/g dust				p
	SHS (n = 42)		Non-SHS (n = 205)		
	GM	GSD	GM	GSD	
Der p1	0.344	9.502	0.420	7.507	0.449
Der fl	1.631	6.003	1.399	5.469	0.357
Der 1	2.893	6.866	2.252	6.109	0.338

GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation
 Detection limit: 0.1 µg/g dust

いて検討した (Table 6). *Fusarium* 属がSHS 群で多く検出された. ダニアレレルゲン量との関連については, 有意差はみられなかった (Table 7).

ロジスティック回帰分析の結果をTable 8に示す. SHS と有意な関連がみられたのは, 生活背景ではカビ臭いにおいを感じる, 家の空気が悪いと感じる, 睡眠が不十分, 環境測定の結果では, 空气中総真菌濃度のOR が高く, SHS 群の家屋は真菌濃度が高いと考えられた. 一方, 防虫剤を使用している家屋がSHS 群では少ないと考えられた.

Table 8 Odds ratios for the symptom in multiple logistic regression model

	OR	95% CI
Moldy odor	3.137	1.134-8.677
Use of mothballs	0.259	0.105-0.639
Feeling that the air is bad in the dwelling	3.780	1.258-11.357
Sleeplessness	3.040	1.388-6.658
Occupational use of hazardous materials, chemicals	0.156	0.018-1.361
Total fungi (CFU/m ³)		
< 100	1.000	
100-1000	7.350	1.361-39.704
> 1000	8.778	1.250-61.662

Model includes age of dwelling, age, sex, temperature, relative humidity, history of allergies, odor of the dwelling, bad air in the dwelling, odor of the furniture, sleep time, sleeplessness, stress, occupational use of hazardous materials, use of mothballs, moldy odor, pets in home, and formaldehyde, acetaldehyde, TVOC, total fungi CFU, and Der 1 concentrations.

4. 考察

今回のSHSの定義を用いると、17%の居住者がシックハウス症状を有していることが分かった。地方都市と東京では、東京の方が有訴率が高かったという報告³⁾や、都市部と郡部の比較でも都市部の方が有訴率が高く、有意にマンションや集合住宅の居住率が多く、築年数が短かったことが重要な病態関与因子であるとの報告もある⁹⁾。前年度の調査でシックハウス症状の有訴割合は集合住宅の居住者に多い傾向がみられたこと、本調査対象には集合住宅が少ない(12.0%)ことから、岡山県内のシックハウス有訴割合はさらに高い可能性もある。シックハウス症状には様々な不定愁訴があげられており、本調査でも眼や鼻の粘膜症状、不眠等の精神・神経症状、皮膚症状を訴えており、他の研究と同様な結果を得た^{2, 10, 11)}。

生活背景に関しては、SHS 該当者がいる家屋で防虫剤を使用していない家屋が多いのは、できるだけ化学物質を使用しないという防御的な対策をとっている可能性があると考えられた。湿気(dampness)はシックビルディング症候群(SBS)のリスク指標として使用されており¹²⁻¹⁴⁾、本研究においてもカビ臭いにおいを感じた家屋がSHS群に多かった。2003年度の調査結果では岡山での湿気の指標の数と症状の出現に量-影響関係を認めている⁶⁾。

子安らはアレルギー疾患を有している者、睡眠時間は短く、ストレスを強く感じている者にSHSの発症が高いと報告している²⁾。本研究でも単変量解析でストレスが普通~多い、アレルギー(アトピー性皮膚炎、花粉症、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎)、睡眠時間が6.5時間未満においてSHS群が有意に多く、睡眠時間を不十分と感じている人は多変量解析においても有意にSHS群に多かった。

室内化学物質濃度とSHSとの関連については単変量解析ではアルデヒド類においてSHS群の家屋で有意に濃度が高かった。ロジスティック回帰分析では基準値のあるホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及びTVOCについて検討したが、SHSとの関連は認められなかった。トルエン、エチルベンゼン、キシレン類は新築直後から築後6ヶ月までに急速に濃度が低下し、ホルムアルデヒドとスチレンは築後年数と濃度に負の相関があり、夏期に高く冬期に低いという季節変動を繰り返しながら徐々に減少する傾向があるとの報告がある¹⁵⁾。今回測定を行った家

屋は築後6ヶ月以内の家屋は1軒(1.2%)、平均築3.9年であったため、化学物質濃度はある程度低下していると考えられ、症状との関連がみられにくかったと考えられる。また、TVOC濃度と症状の個数に正の相関があったとする報告と¹⁶⁾、TVOC濃度と有病率に負の相関がみられたとする報告¹⁷⁾がある。本研究では症状の個数と濃度の相関はみられなかったが、TVOC濃度が比較的低かったためと考えられる。

空气中真菌濃度については、検出割合が高い菌種は*Cladosporium*属、*Penicillium*属、*Aspergillus*属とされている^{5, 18)}が、今回の調査でも同様な結果が得られた。シックハウス症状のある家屋に*Cladosporium*属が多い傾向を認めた報告¹⁹⁾があるが、本調査では関連は見られなかった。ロジスティック回帰分析において、総真菌濃度を解析したところ、濃度が100 CFU/m³以上のときに、ORが有意に高く、症状との関連があると思われた。一方、湿度環境の指標と空气中総真菌濃度の相関はみられなかった。本調査を行った時期は冬に比べて空气中の真菌濃度が高い¹⁸⁾が、空气中の真菌濃度は季節変動もあり、季節による検討や、居間以外の部屋の湿度環境の検討が必要だと考えられた。また、カビ臭いにおいには微生物揮発性有機化合物(Microbial Volatile Organic Compounds: MVOC)が関係しているとされており、SBSが発生しているビルにおいて室外より室内でMVOC濃度が有意に高かったという報告もある²⁰⁾。カビ臭いにおいがすると回答した家屋においても居間の空气中真菌濃度との関連は認められず、他の部屋が発生源となっている可能性がある。MVOCの測定によってカビ臭いにおいを定量し、SHSとの関連を検討することが今後の課題と考えられる。

ダニによる汚染の程度を表す指標として、Der 1量が2 µg/g dust以上で感作の危険因子、10 µg/g dust以上では喘息発作誘発の危険因子となる指標が提唱されている⁸⁾。今回の調査ではダニアレルゲン量とSHSとの関連は認められなかったが、居間でのダニアレルゲン曝露よりも寝具からのダニアレルゲン曝露のほうが多く、問題となりうる²¹⁾ので今後は寝具のダニアレルゲンと症状との関連を検討する必要があると考えられる。

本研究では新築家屋を対象とし、対象世帯に居住する全ての人に対して自記式調査を行った。前年度に無作為抽出による自記式質問票調査を実施した家

屋のうち、測定に協力できる家屋を対象として本調査は行われており、SHSに関心の高い人、健康について心配な人がいる家屋が調査対象として多く含まれている可能性はある。日本国内では学校や病院の受診者を対象に疫学調査を行った報告^{2,3,9)}があるが、一般世帯全員を対象とした調査は少ない。また、SHSの明確な定義、診断基準はまだないことから、SHSを質問調査票の自覚症状で判定している報告^{2,3,9-11)}が多い。本研究もシックハウス症状の有無を自覚症状で判定したが、今後さらに調査をし、シックハウス症候群の判断基準について検討する必要がある。また、化学物質濃度については、新築家屋での調査として行ったが、指針値を超過している家屋も少なく、より気中濃度が高いと考えられる築1年以内の家屋についての結果は十分には得られず、化学物質とSHSの関連性については明らかにできなかった。今後は築1年以内の家屋において同様な調査を行い、化学物質濃度と生物学的要因及びシックハウス症状との関連性を検討する必要があると考えられた。

5. 結論

今回岡山県内の築7年以内の家屋に対して調査を行った。SHS症状を有しているのは17.0%であった。具体的症状として鼻症状が最も多かった。家屋内でカビ臭いにおいがすること、室内空気中真菌濃度において症状との関連がみられ、室内の湿度環境がSHSに影響していると考えられた。

謝 辞

本研究は平成16年度厚生労働省科学研究費補助金 健康科学総合研究事業「全国規模の疫学研究によるシックハウス症候群の実態と原因の解明」の一環としてすすめられました。この調査を行うにあたり、公衆衛生学分野 故吉良尚平前教授をはじめ、多大なご協力を頂きました関係者の方々に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 相澤好治：室内空気質健康影響研究会報告書：～シックハウス症候群に関する医学的知見の整理～、平成16年度総括・分担研究報告書、p.2 (2005)。
- 2) 子安ゆうこ、津村智恵子、神田晃、酒井菜穂、今井孝成、小田島安平：シックハウスの疫学調査、昭和医会誌、64, 3, 301-309 (2004)。

- 3) 子安ゆうこ、津村智恵子、神田晃、酒井菜穂、今井孝成、小田島安平：本邦におけるシックハウス症候群の大規模疫学調査、アレルギー、53 (5), 484-493 (2004)。
- 4) 高野美紀子、鈴木忠人、齋藤公男：室内環境中の揮発性有機化合物 (VOC) 濃度調査、福島県衛生公害研究所年報、16, 45-48 (1998)。
- 5) 酒井潔、坪内春夫、三谷一憲：名古屋市内の住宅における室内空気中カビおよび室内空気汚染物質濃度、日本公衆衛生雑誌、50, 1017-1029 (2003)。
- 6) 岸玲子、西條泰明：シックハウス症候群の疫学、アレルギーの臨床、25 (7), 59-65 (2005)。
- 7) C.Y.Rao, H.A.Burge, J.C.Chang: Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air, *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 46, 899-908 (1996)。
- 8) T.A.Platts-Mills, W.R.Thomas, R.C.Aalberse, D.Vervloet, M.D.Champman: Dust mite allergens and asthma: Report of a second international workshop, *J. Allergy Clin. Immunol.*, 89, 1046-1060 (1992)。
- 9) 富川盛光、勝沼俊雄、柴田淳、衛藤義勝：学童期におけるシックハウス症候群実態解明の試み、日本小児科学会雑誌、109, 5, 638-643 (2005)。
- 10) 西條泰明、岸玲子、佐田文宏、片倉洋子、浦嶋幸雄、畠山亜希子、向原紀彦、小林智、神和夫、飯倉洋治：シックハウス症候群の症状と関連する要因—北海道の一般住宅を対象にした実態調査、日本公衆衛生雑誌、49, 1169-1183 (2002)。
- 11) 東実千代、新谷恵、守屋好文、疋田洋子：室内の化学物質に起因すると考えられる自覚症状の実態と住環境に関する調査研究、室内環境学会誌、3, 1, 23-33 (2000)。
- 12) C.G.Bornehag, G.Blomquist, F.Gyntelberg, B.Jarvholm, P.Malmberg, L.Nordvall, A.Nielsen, G.Pershagen, J.Sundell: Dampness in building and health, *Indoor Air*, 11, 72-86 (2001)。
- 13) C.G.Bornehag, J.Sundell, T.Sigsgaard: Dampness in buildings and health (DBH) : Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden, *Indoor Air*, 14 (suppl 7), 59-66 (2004)。
- 14) K.Engvall, C.Norrby, D.Norbäck: Sick building syndrome in relation to building dampness in multi-family residential buildings in Stockholm, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 74, 270-278 (2001)。
- 15) 齋藤育江、瀬戸博、多田宇宏、長嶋親治、竹内正博、土屋悦輝：住宅の室内ホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物の経時変化、東京都立衛生研究所研究年報、50, 235-239 (1999)。
- 16) D.Norback, I.Michel, J.Winstrom: Indoor air quality and personal factors related to the sick building syndrome, *Scand. J. Work Environ. Health*, 16, 121-128 (1990)。
- 17) J.Sundell, B.Andersson, K.Andersson, T.Lindvall: Volatile organic compounds in ventilating air in

- buildings at different sampling points in the buildings and their relationship with the prevalence of occupant symptoms, *Indoor Air*, 3, 82-93 (1993).
- 18) T.Takahashi: Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan, *Mycopathologia*, 139, 23-33 (1997).
 - 19) Y.Saijo, F.Sata, S.Mizuno, K.Yamaguchi, H.Sunagawa, R.Kishi: Indoor airborne mold spores in newly build dwellings, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 10, 157-161 (2005).
 - 20) G.Fischer, W.Dott: Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene, *Arch. Microbiol.*, 179, 75-82 (2003).
 - 21) 安枝浩: ダニアレルゲンの定量法について, アレルギーの臨床, 13 (7), 464-467 (1993).