

201036008A

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究 —化学物質及び真菌・ダニ等による健康影響の評価と対策—

平成22年度 総括・分担研究報告書

研究代表者

北海道大学環境健康科学研究教育センター

岸 玲子

研究分担者

愛知医科大学医学部衛生学講座

柴田 英治

中央労働災害防止協会大阪労働衛生総合センター

河合 俊夫

旭川医科大学医学部健康科学講座地域保健疫学分野

西條 泰明

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科公衆衛生学分野

瀧川 智子

北海道大学大学院医学研究科予防医学講座公衆衛生学分野

吉岡 英治

平成 23 (2011) 年 3 月

目 次

I. はじめに	1
II. 総括研究報告書	2
III. 分担研究報告書	
1. シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究	
(1) 札幌地区の小中学生児童の自宅室内環境と健康調査 (岸 玲子、吉岡 英治ほか).....	8
(2) 小学生のシックハウス症候群有訴と自宅の床ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度 (岸 玲子、吉岡 英治ほか).....	22
(3) 小学校の環境衛生調査及び室内空気質等の測定についてのまとめ (田中 正敏ほか).....	35
(4) シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究 平成 20 年度の大阪地区における学童調査の解析 (学年群別)、 および全国統合データの解析 (学年群別・住居種別) (中山 邦夫ほか).....	44
2. シックハウス症候群解明のための超小型拡散型サンプラーの開発 － 1 日の行動範囲における有機化合物の曝露濃度の測定－ (河合 俊夫ほか).....	71
3. 化学物質とシックハウス症状の経年変化に関する全国データの解析と化学物質外来診療 (瀧川 智子ほか).....	87
4. ダニアレルゲン、気中真菌濃度とシックビルディング症状 (西條 泰明ほか).....	97
5. 札幌地区および西日本地区における住宅内殺虫剤および難燃剤汚染の実態調査 (吉村 健清ほか).....	110
6. 特定建築物における揮発性有機化合物による室内空気汚染 (柴田 英治ほか).....	118

はじめに

平成 20 年度に開始した厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）「シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究—化学物質及び真菌・ダニ等による健康影響の評価と対策—」の平成 22 年度総括・分担研究報告書を取りまとめました。

我が国ではシックハウス症候群（SHS）が、社会的に大きな問題として取り上げられてきたにもかかわらず、本格的な疫学調査がほとんどされていませんでした。そこで、私どもは厚生労働科学研究費補助金「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（平成 15-17 年度）」「シックハウス症候群の実態解明及び具体的方策に関する研究（平成 18-19 年度）」において、全国 6 都市で共通のプロトコールに基づいて住宅の環境と健康調査を行い、我が国で初めての本格的な疫学研究を実施しました。その結果、成人より児童で SHS の有訴率が高いことが判明しました。

そこで本研究（平成 20-22 年度）においては小学校に通う児童を対象とした調査を実施しました。平成 20 年度は、全国 5 地域（旭川、札幌、福島、大阪、福岡）で 22 国公立小学校に通う全児童に質問紙調査票による調査を実施し、同時に教室の化学物質濃度を測定しました。平成 21-22 年度は、児童自宅訪問を行い各家庭の室内環境と児童および家族の健康調査を実施し、これまで日本にデータのない集合住宅、特に古い住宅の微生物生育や可塑剤と機械換気による影響について検討しました。この結果、シックハウス症候群の有訴はむしろ築年数が古いことがリスクであり、結露やカビなどのダンプネスや、換気がない・使用していないことが問題であることが明らかとなりました。また、本研究で新規に測定した微生物由来のエンドトキシン・ β グルカンとシックハウス症候群とに関連はありませんでしたが、アレルギーとの関連について解析を進めております。さらに最終年度の平成 22 年度には小型携帯型サンプラーを開発し、児童の 24 時間化学物質曝露がどのくらいであるかを評価いたしました。

本調査から、症状と室内環境との解析からシックハウス症候群の発症を少なくする環境要因を解明することができ、それに基づく室内環境改善の方策を考察しております。

本研究の成果が、人々の健康な生活環境の確保、とりわけ室内環境の改善に役立てば幸いです。

最後に全国の皆様方のご協力により、ここに平成 22 年度の本研究報告書をまとめることができましたことを記して、衷心より御礼申し上げます。

研究代表者 岸 玲子

平成 23 年 3 月

シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究
-化学物質および真菌・ダニ等による健康影響の評価と対策-

研究代表者 岸 玲子 北海道大学 環境健康科学研究教育センター 特任教授

研究要旨

シックハウス症候群（SHS）の原因を明らかにすることを目的にハイリスク集団である小学校に通う児童およびその家族を対象に、①小学校および自宅の環境化学物質濃度や生物学的環境調査の実施、②特に世界的にエビデンスが乏しい可塑剤が分解して発生する2-エチル-1-ヘキサノール（2EH）や、エンドトキシン、 β グルカン、微生物由来VOC（MVOC）、の測定、③湿度環境の悪化に伴う室内空気質の問題、生物・化学的要因がどうシックハウス症候群のリスクと関係するか、④児童の行動と関係する化学物質曝露濃度の推測、⑤換気システム、適切な工期などの建築衛生面からの予防策を目的とした。

平成20年度に北海道旭川市、同札幌市、福島県福島市、大阪府、福岡県太宰府市の5地域22小学校に通う1～6年生全児童を対象に質問紙調査を実施した。同時に旭川市・福島市・太宰府市では小学校教室の気中化学物質濃度を測定した。調査票は合計10,877人の児童に配付、7,064人から回収した（回収率69.9%）。SHS有訴率は札幌市8.5%、福島市8.0%、旭川市5.9%、太宰府市4.4%、大阪府3.6%であった。SHS有訴と関連を示した個人特性はアレルギーの既往、住環境はダンプネスの問題で、各地域とも同じ傾向であった。戸建住宅と集合住宅では異なるリスクがある可能性が示唆された。

平成21-22年に、4地域で合計178人を対象として健康調査と自宅環境調査を実施し、ホルムアルデヒド・VOC類42化合物に加えて、MVOC 13化合物、2-エチル-1-ヘキサノール（2EH）、エンドトキシン・ β グルカン、ダニアレルギー量を測定した。加えて、平成22年には子供の行動と曝露濃度の関連について小型携帯サンプラーを用いて測定した。対象者数が多い札幌でSHS有訴と有意な関連が得られた個人特性はアレルギーの既往、住環境では築年数の経過、ダンプネスおよび換気装置の不使用だった。借家、世帯収入の少ない群に有意にSHS有訴が多かった。化学物質ではクロロホルム、C8-12アルカン、デカナール、1-オクテン-3-オール、3-オクタノン濃度がSHS有訴群の住宅で有意に高かった。エンドトキシン、 β -グルカン、ダニアレルギーとSHSに有意な関連は得られなかった。換気装置不使用の住宅で長鎖鎖状アルカンの濃度が高いことから、換気の施行が重要であると考えられる。児童の行動における化学物質曝露濃度は総じて低かったが、トルエン319 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、パラジクロロベンゼン605 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高値を示したケースがあり、SHS有訴との関連を含めて今後解析予定である。学校の教室内化学物質濃度は低かったが、測定は週末に行ったため週日での測定も必要であろう。また、低温・低湿環境になりやすい冬季には、湿度管理への配慮も必要と考えられる。戸建・集合住宅別にはSHS有訴に差はなかったが、水漏れや幹線道路の影響などについては建物の特徴に応じたSHSの予防対策が必要であることが示唆された。

分担研究として①小型携帯サンプラーの分析条件を確立、疫学研究にて応用した。②築年数の新しい住宅でもダニアレルギー、*Rhodotorula*, *Aspergillus* がSHS症状出現に関与する可能性、経年変化による化学物質の変化がSHSのリスクを上げる可能性、③「カビの発生、湿度、家の臭いの自覚、睡眠不十分、VOC発生に関連する物質の室内での使用・保管」がリスクを上げること、④室内ダストの有機リン酸トリエステル類と農業による健康影響、⑤2003年以降に竣工した特定建築物に一部2EH濃度の高い建物があり、室内空気汚染物質の一つとして示唆された。

【研究分担者】

西條 泰明 旭川医科大学
柴田 英治 愛知医科大学
河合 俊夫 中央労働災害防止協会 大阪労働衛生
総合センター
瀧川 智子 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科
吉岡 英治 北海道大学大学院医学研究科

【研究協力者】

田中 正敏 福島学院大学
森本 兼曩 大阪大学大学院医学系研究科
中山 邦夫 大阪大学大学院医学系研究科
吉村 健清 福岡県保健環境研究所
力 寿雄 福岡県保健環境研究所
荒木 敦子 北海道大学大学院医学研究科
アイトバマイゆふ 北海道大学大学院医学研究科
竹田 智哉 北海道大学大学院医学研究科
坪井 樹 中央労働災害防止協会 大阪労働衛生
総合センター

A. 研究目的

本研究班では平成15年度から一般住宅を対象として、全国規模の疫学研究を実施してきた。平成16年度の全居住者を対象とした調査の結果から、SHS有訴率は6-12歳の小学生が12.2%で、20歳以上の成人の約2倍高いことが明らかになった。学校と自宅の環境が児童のSHS有訴やアレルギー症状等に与える影響については、日本では新築や改築によるSHS有訴に関する質問紙による調査が一部あるのみである。

そこで本研究ではSHSのハイリスク集団である小学校に通う年齢の児童に焦点を絞り、小学校および自宅の環境調査とSHS有訴との関連を明らかにすることを目的とする。具体的には、環境調査として①小学校および自宅の環境調査の実施、②世界的にエビデンスが乏しいエンドトキシン、βグルカン、微生物由来VOC（MVOC）、可塑剤分解により発生する2-エチル-1-ヘキサノール（2EH）の測定、③湿度環境の悪化に伴う生物的要因と化

学的要因、ライフスタイルのリスク評価、④児童の行動における曝露濃度の推測、⑤換気システム、適切な工期設定などの建築衛生の側面からの予防方策の検討、を目的とした。本研究による総合的な調査により、一般国民、保健所などの相談窓口担当者、臨床家や建築家、行政にとって科学的に有効な予防方法や対策を明らかにすることが可能となる。

平成20年度は小学校に通う児童を対象とした質問紙調査を実施し、平成21・22年度は質問紙調査への参加者の中から対象を抽出し、症例対照研究デザインで自宅の環境調査を実施。SHS有訴と環境曝露要因を明らかにする。また、平成20年の調査から、学校の衛生環境と室内空気質のまとめ、住宅種別に見たSHS症状との関連について検討した。

分担研究については下記のとおり。

1. 小型携帯サンプラーに関する検討

児童が携帯可能な小型サンプラーの分析条件、定量下限を検討し、測定条件を確立する。

2. 名古屋市の特定建築物の室内空気環境調査による2-エチル-1-ヘキサノール（2EH）汚染

市内の大規模ビルにおける2EH汚染状況とその特徴を明らかにする。

3. 過年度調査データの再解析

平成15年に、日本国内の6都市において新築確認申請から無作為に抽出された新築戸建住宅5,709軒のうち、同意が得られた住宅の室内環境調査（環境測定・質問紙調査）を平成16-18年に実施した。このデータを再解析し、下記について明らかにする。

- ① ダニアレルゲン、気中真菌曝露とSHS
- ② ライフスタイルとSHS
- ③ 家屋内化学物質濃度とSHSの経年変化
- ④ 居間と寝室の環境とSHS
- ⑤ 殺虫剤および難燃剤による汚染状況

B. 研究方法

1. 児童および家族の健康調査と自宅の環境調査

全国5地区（北海道旭川市、同札幌市、福島県福島市、大阪府、福岡県太宰府市）の22小学校（1校の公立でない小学校を含む）で平成20年11月～平成21年3月の間に、対象校の全校生徒10,827名にアンケート調査票を配付した。各地域での小学校の校舎についてのアンケート調査と、教室内の空気質の測定についてまとめ、および住宅種別による解析を行った。

住宅環境測定に同意を得られた対象者の自宅を、全国4地区（北海道旭川市、同札幌市、福島県福島市、福岡県太宰府市）で、平成21年9-12月、平成22年9-11月に合計178名の訪問調査した。

2. 小型携帯サンプラーに関する検討

長さ1.8 cm、円筒半径1.1 cmの小型携帯サンプラーを試作した。厚生労働省にて指針値が定められているVOC類の分析条件および定量下限濃度を求めた。

3. 名古屋市の特特定建物の室内空気環境調査による2-エチル-1-ヘキサノール(2EH)汚染

名古屋市の調査地区で2003-2007年に届け出があった全特定建築物のうち竣工後1年以内のビルで、VOC45物質を測定した。

4. 過年度調査データの再解析

- ① 平成16年度の調査に参加した家屋を対象として、ダニアレルゲンと気中真菌濃度とシックハウス症候群、およびライフスタイルとSHSの関連について解析した。
- ② 平成16・17・18年度の調査に参加した新築家屋を対象として、3年の家屋内の化学物質濃度と居住者におけるSHSの経年変化の関連について解析した。
- ③ 平成17年度の調査に参加した家屋を対象として、居間と寝室の環境とSHSについて解析した。
- ④ 平成18年度の札幌市および平成19年度に西

日本地区（大阪、岡山、北九州）の調査に参加した住宅の殺虫剤および難燃剤の汚染状況とSHS有訴について解析した。

（倫理面への配慮）

本研究は、北海道大学並びに各大学の倫理委員会指針に従って実施した。北海道大学医学研究科・医学部医の倫理委員会において審査・承認済である。

C. 研究結果

1. 小学校校舎と一般教室内化学物質濃度測定

建物構造は、札幌の1校（プレハブ造り）を除いて各地域とも鉄筋コンクリートだった。対象とした21校の竣工は、平成5校、昭和16校だった。札幌と旭川地区では第1種換気方式、第3種換気方式、換気孔等も見られ、二重窓が多くを占めていた。福島と太宰府地区の普通教室はいずれも自然換気で、窓は一重ガラスの一重窓、窓の開閉方式は手動であった。指針値の示されている物質はいずれも指針値を下回り低値を示したが、旭川地区でアルデヒド類が高めであり、VOC類は物質により地域差が見られた。

2. 住宅種別にみた児童のシックハウス症候群

戸建て住宅居住者は4493人、集合住宅居住者は4370人だった。男女ともSHS有訴と住宅種別に差はなかった。最も多い症状は戸建・集合とも鼻水だった。

3. 児童の健康調査と自宅環境調査

北海道旭川地区10名、札幌地区128名、福島地区20名、大宰府地区20名、合計178名の児童自宅の環境調査を実施した。実測した居間の化学物質は、アセトアルデヒドとp-ジクロロベンゼンで厚生労働省の室内濃度指針値を超過した住宅が数戸みられたが、ホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等は、いずれも指針値を大きく下回っており、空気中の化学物

質濃度は一般的に低い傾向がみられた。地区ごとでは対象数が少なく、統計学的有意差を認めないため、SHSとの関連は人数の多い札幌で得られた結果について記す。

SHS2有訴と有意な関連が得られた個人特性はアレルギーの既往だった。住環境では築年数の経過、ダンプネスがある、換気装置の不使用、借家、世帯収入の少ない群で有意にSHS2有訴が多かった(表2)。化学物質ではクロロホルム、n-オクタン、n-デカン、n-ウンデカン、n-ドデカン、デカナール、MVOC類のうち1-オクテン-3-オールと3-オクタノン、濃度がSHS2有訴群の住宅で有意に高かった(表3)。エンドトキシン、 β -グルカン、ダニアレルギーとSHS2に有意な関連は得られなかった(表3)。

児童の1日の行動による個人の化学物質曝露濃度は総じて低かったが、一部トルエン319 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、パラジクロロベンゼン605 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高値を示したケースがあり、SHS有訴との関連を含めて今後解析予定である。

4. 小型携帯サンプラーに関する検討

24時間の捕集で数ppb～数十ppb（例：トルエン10ppb、ホルムアルデヒド10ppb）の低濃度まで妥当性が確認された。サンプリングの保存性はアルミホイル包装で5日間の安定性が確認された。また市販されているSupelcoサンプラーと併行測定した濃度と有意な差はなかった ($p < 0.01$)。

5. 名古屋市の特典建築物の室内空気環境調査による2-エチル-1-ヘキサノール(2EH)汚染

一部の特定建築物では、2EHは99%の室内で検出され、57ビル中4ビルでは2EH単独で400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過していた。2EHは大規模ビルにおける室内空気中の主要な化合物といえる結果であった。濃度の幾何平均値は夏季(55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)に冬季よりも(13.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)有意に高く、室内温度が2EHの放散に影響を及ぼしていることが示唆された。室内2EH濃度は夏季に上昇し、冬季に低下したが、経

年推移は緩やかな低下傾向を認めた。

6. 過年度調査データの再解析

①ダニアレルギー・気中真菌量とシックハウス症状

ステップワイズ法を用いたロジスティック回帰分析で、Der1は鼻症状のオッズ比を有意に上昇した。*Rhodotorula*はいずれかの症状、*Aspergillus*は眼症状のオッズ比を有意に上昇した。総コロニー数は喉・呼吸器症状のオッズ比を有意に低下させ、*Eurotium*は皮膚症状のオッズ比を有意に低下した。

②ライフスタイルとシックハウス症状の経年変化に関する解析

ライフスタイルでは、VOC発生に関連する住まい方・住居要因、カビ・ダニの発生に関連する住まい方、においの愁訴、ライフスタイル（睡眠不満足感、熟睡不足感）が、SHS症状へのリスクを示した。

③化学物質とシックハウス症状の経年変化に関する全国データの解析

シックハウス症状がいつも、または時々、少なくとも1つあった場合をSHSと定義した。3年の経年では、概ね全体的な濃度は減少傾向にあった。測定した化学物質を性質の類似した7分類に分け、他の調整因子とともに一般化推定方程式を用いてSHSとの関連を解析したところ、眼症状においてアルデヒド類、鼻症状において脂肪族炭化水素、喉症状において芳香族炭化水素が症状と有意な関連を示した。

④居間・寝室の室内環境に関する解析

クロロジブロモメタン、総キシレン、スチレン、n-ノナン、総トリメチルベンゼン、n-ウンデカンの濃度が居間よりも寝室で高く、かつSHS症状がある群の自宅の方が高かった。居間と寝室のVOC濃度の相違とSHS症状に及ぼす影響は、居間濃度が高い物質の方が寝室濃度が高い物質よりも大きいことが示された。「ライフスタイルが良い・VOC濃度が低い・SHS症状がない」ことに、関連

性が示唆され、更なる詳細な解析を行っている。

⑥札幌地区および西日本地区における住宅内殺虫剤汚染の実態

シロアリ駆除剤および蚊取り薬剤の使用頻度が高く、西日本地区が札幌地区よりも使用世帯割合が高かった。殺虫剤成分の中でトランスフルトリン（ピレスロイド系殺虫剤）が25.8%の世帯で検出され、ゴキブリ駆除剤およびダニ駆除剤の使用世帯で検出率が高かった。

D. 考察

ベースライン調査は全国5地区の小学校の全校生徒を対象としているため、一般集団の代表性はあると考えられる。SHSの要因としては、アレルギー疾患、およびダンプネスの問題が要因として考えられ、全国統合データでも同じ傾向が示された。ダンプネスがSHSの要因となることは過去の調査結果とも一致している（Kishi et al., 2009；金澤ら2010）。同様の結果が児童の自宅環境調査でも明らかになり、ダンプネスの問題を改善することはSHSを予防する上で重要である。水漏れは戸建住宅で生じやすく、集合住宅は幹線道路沿いに位置するケースが多いなど、建物の特徴に応じたSHSの予防対策が必要であることが、本結果から示唆された。学校の化学物質濃度は週末に測定を行ったが、温熱環境、二酸化炭素や一酸化炭素などの空気清浄度とともに、週日での測定も必要であろう。また、低温・低湿環境になりやすい冬季には、湿度管理への配慮も必要と考えられる。

札幌市では換気装置不使用の住宅で長鎖鎖状アルカンの濃度が高く、SHS有訴群で濃度が有意に高かったことから、札幌では屋外排気ストーブが一般的ではあるものの、換気に配慮する必要性が示唆された。MVOC類の1-オクテン-3-オールは、過年度の戸建て住宅においてもSHS粘膜への刺激症状との関連が得られている（Araki et al, 2010）。ダニアレルゲンはSHS2有訴との関連は認められなかったが、平成16年度よりも平均値が高く、築年数と相関を示した（ $r=0.312$ 、

$p<0.001$ ）。各地区別には解析に耐えうるサンプル数にならなかったことから、本研究ではSHS有訴は収入の少ない家庭に多かった。収入の少ない家族は築年数の経過した借家に居住し、換気設備がなく、ダンプネスの問題が発生しており、SHS有訴を示す可能性が示唆され、今後SHSと社会経済的関連についての検討も必要であろう。また、4地区を統合したデータ解析も必要である。

開発された小型携帯サンプラーは小型・軽量であり、今後の検討により多くの化合物の測定が可能である。人の行動範囲は広く、住居、教室環境中の化学物質だけではなく、行動するなかでの化学物質濃度の把握に応用できる利点がある。

名古屋市内の大規模ビル室内空気汚染物質調査結果から、部屋に使用されている床材に含まれるフタル酸 2-ジエチルヘキシルのアルカリ加水分解に影響を及ぼすいくつかの要因によって2EHの放散が季節的な変動を持ちながら継続することを示していると考えられた。また、竣工後に二次的に発生する可能性から、室内空気汚染物質の一つとして今後注目すべきと考えられる。

ダニアレルゲン、*Rhodotorula*、*Aspergillus*は築年数の浅い住宅でもリスクとなる可能性が示唆された。SHS症状のリスクとなる因子として、「カビの発生、湿度、家の臭いの自覚、睡眠不十分、VOC発生に関連する物質の室内での使用・保管」があることが示唆された。「ライフスタイルが良い場合に、SHS症状があることと、VOC測定値が高いこと」が多く関連しているが、「ライフスタイルが悪い場合にはあまり関連が示されない」ということから、「ライフスタイルが良い・VOC濃度が低い・SHS症状がない」ことに、関連性が示唆される可能性があり、更なる詳細な解析を行う。

3年間の化学物質濃度変化がSHS症状別にアルデヒド類、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素が症状リスクとなる可能性が示唆された。

住宅室内ダスト中殺虫剤とSHS症状との関連は得られず、SHSのリスクとなる可能性は少ないと

いえる。一方ダニ駆除剤やゴキブリ駆除剤使用の家で検出率が高いことから、駆除剤に含まれる成分が室内に残留する点については啓発が必要と考えられる。

2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

E. 結論

SHSの要因としては、過去の報告同様アレルギー疾患、およびダンプネスの問題が要因として考えられた。ライフスタイルや環境改善により鼻や眼の不快感を伴うSHS症状を減少させることができれば、児童の生活の質（Quality of Life）を向上させることが可能となる点において、公衆衛生学的な意味は大きいといえる。

SHS 症状のリスクとなる因子として、アルデヒド類や VOC のみならず、室内ダスト中の有機リン酸トリエステル類や、エンドトキシン・ β グルカンなどの微生物由来物質、ライフスタイルとして「カビの発生、湿度、家の臭いの自覚、睡眠不十分、VOC 発生に関連する物質の室内での使用・保管」があることの影響を総合的に評価し、SHS 予防方策を明らかにすることが必要である。

F. 健康危険情報

（各分担研究報告を参照）

G. 研究発表

平成22年度 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）総括・分担研究報告書

論文発表

（本報告書の各分担研究の該当ページを参照）

学会発表

（本報告書の各分担研究の該当ページを参照）

H. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

札幌地区の小学生児童の自宅室内環境と健康調査

研究代表者 岸 玲子 北海道大学環境健康科学研究教育センター 特任教授
研究分担者 吉岡 英治 北海道大学大学院医学研究科予防医学講座公衆衛生学分野 助教

研究要旨

本研究は、シックハウス症候群（Sick House Syndrome; SHS）のハイリスクグループである小学生を対象に、自宅の環境要因がSHS有訴に与える影響を解明することを目的とした。

平成20年に公立小学校を介して児童にアプローチをしたベースライン調査協力者から、同意を得て平成21・22年に自宅の環境測定および児とその家族も加えて健康に関する調査を実施した。SHSの要因として以前から知られているアルデヒド類3化合物、VOC類34化合物、床塵中ダニアレルゲンに加えて、微生物由来VOC類(MVOC)13化合物、フタル酸等の可塑剤の加水分解で生じる2-エチル-1-ヘキサノール(2EH)、微生物細胞壁構成成分で免疫刺激性がある床塵中エンドトキシンや β グルカン室内環境測定項目として追加した。

平成21年に80軒、22年に48軒、合計128軒の調査を実施した。曝露と症状を一致させるため、自宅環境と同時に実施した質問票から、SHSあり55名、SHSなし72名であった。SHS有訴のリスクとなった個人特性はアレルギーの既往で、喘息、鼻炎・花粉症、およびアトピー性皮膚炎はいずれもSHSあり群に有意に多かった。ライフスタイルについてはSHSなし群の就寝時間・起床時間も早い傾向が見られたが、統計学的有意差はなかった。好き嫌いの有無、TV視聴、排便習慣、睡眠の質感のいずれも差はなかった。自宅環境はSHSあり群は借家が多く、有意に古く、ダンプネスの問題が多く、換気装置の使用が少なく、世帯収入が少なかった。環境測定についてはSHSあり群の住宅でクロロホルム、C8-12アルカン、デカナール、MVOCのうち1-オクテン-3-オールと3-オクタノン、2EHの濃度が有意に高かった。ダニアレルゲン、エンドトキシン、 β グルカンはSHS有訴と濃度に関連はなかった。平成22年には小型携帯サンプラーを用いて小学生児童の1日の行動に伴う化学物質曝露濃度を測定した。化学物濃度は総じて低かったが、トルエン319 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、パラジクロロベンゼン605 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高値を示したケースがあり、SHS有訴との関連を含めて今後解析予定である。

長鎖鎖状アルカンは換気システム不利用の住宅で濃度が高く、積極的な換気システムの使用が推奨される。MVOCと2EHは結露やカビ臭がある住宅で高い可能性があり、微生物の発生により濃度が高くなっている可能性が示唆された。また、本研究結果では世帯収入の少ない群にSHS有訴が多かった。世帯収入の少ない家族は築年数の経過した借家で、換気システムがなくダンプネスの問題の多い住宅に居住している可能性がある。SHSの問題を解決するためには社会経済的問題についても考慮する必要性が示唆された。

【研究協力者】

荒木 敦子 北海道大学大学院医学研究科
アイトマイゆふ 北海道大学大学院医学研究科
竹田 智哉 北海道大学大学院医学研究科

早川 敦司 北海道大学大学院医学研究科
吉野 美濃 北海道大学大学院医学研究科
工藤 恵子 北海道大学大学院医学研究科

A. 研究目的

我国における1990年代後半からのシックハウス症候群（Sick House Syndrome;以下SHS）の多発に伴い、本研究班では平成15年度から一般住宅を対象として、全国規模の疫学研究を実施してきた。この結果、SHS有訴は20歳以上の成人よりも、19歳以下の未成年に多いことを報告してきた（厚生労働科学研究「全国規模の疫学研究によるシックハウスの実態と原因の解明」および「シックハウス症候群の実態解明及び具体的対応方策に関する研究」）。しかし日本でのこれまでの児童を対象にしたSHSに関する研究は新築・改築による症状に限定されている。新築・改築による化学物質以外の要因、特にダンプネスについては、過去の報告からSHSやアレルギー等の原因・増悪要因の一つとして報告されており[1]、本研究班による過去の研究でもSHSとの関連が明らかになった[2]。ダンプネスと症状との間に介在する要因としては微生物の増加、それともなうダニアレルゲンの増加、加水分解等による化学物質の影響が考えられる。

真菌の影響については、これまでに本研究班でも室内空気中の生真菌量を測定したが、症状と真菌量が負の関連を示す場合もあった[3, 4]。この結果についてKimらは窓の開放による屋外の真菌の影響を指摘している。また、微生物の細胞膜にふくまれるエンドトキシンやβグルカンにより引き起こされるアレルギー反応では生菌のみならず死菌の影響も考えられる。エンドトキシンはグラム陰性菌の細菌細胞壁の免疫刺激性構成要素である。室内環境中のエンドトキシンやβグルカン曝露については、アトピー性喘息の重症化との関連[5-9]が報告されている一方で、曝露はアレルギー発症に予防的に作用するという報告もある[10-12]。また、微生物の増加は細胞壁成分のみならず、代謝による微生物由来の揮発性有機化合物の放散（MVOC：Microbial Volatile Organic Compound）による

影響が考えられる[3, 13, 14]。2-Ehyl-1-hexanol (2EH) はフタル酸等の可塑剤の加水分解によってダンプネスのある建物で検出され[15]、あるいは微生物代謝[16]によって放散され、喘息様症状との関連が報告されている[15]。

そこで本研究では、SHSのハイリスクグループである小学生を対象に、SHSの要因として以前から知られているホルムアルデヒド等の化学物質やダニアレルゲンに加えて、エンドトキシンやβグルカン、MVOC、2EHも室内環境測定項目として追加し、自宅の環境要因がSHS症状へ与える影響を解明することを目的とする。

B. 研究方法

1. 対象者の選択

対象者を抽出するためのベースライン調査は平成20年に実施した。調査協力に同意が得られた札幌市立小学校12校を調査対象校とし、1年生から6年生までの全校生徒6393人に調査票を配付した。平成20年11月から平成21年2月の間に質問紙調査の配付および回収を実施した。調査票は各学校の担任の先生に、児童への配付および回収を依頼した。配付から回収までの期間は5~8日間とした。調査票は4445人から回収し（回収率69.5%）、951名が「翌年以降の住宅環境調査を実施してもよい」と答えた。

「住宅環境調査に協力してもよい」と回答した者のうち、住宅調査時に小学生である681人に平成21年、22年の2回に分けて郵送にて調査協力を依頼した。小学生の兄弟姉妹がいる場合は無作為に1名を抽出した。

2. 調査実施時期

平成21年9月28日から11月23日、および平成22年9月27日から11月12日に質問紙調査、および室内環境測定を実施した。

3. 調査内容

3-1) 学童およびその家族の健康と、自宅環境に関する質問紙調査

健康に関する調査票は、学童およびその家族（未就学児を除く）全員に調査票への記入を依頼した。調査票は小学生用と大人用（中学生以上）の2種類とし、小学生の調査票は保護者が子供に聞き取りをしながら、あるいは普段の子供の様子から判断しての記入、大人用調査票は本人に記入を依頼した。SHSに関する質問は、Andersson[17]によるシックビル質問票MM080 for school（小学生）およびMM040EA（大人）を用いた。他に、アレルギー、最近の自覚症状、ライフスタイル、自宅環境についての項目を含めた。喘息・アレルギーに関する質問は小学生にはISAAC（International Study of Asthma and Allergies in Childhood）日本語版[18]の調査票から抜粋して、大人用にはECRHS（European Community respiratory Health Survey）日本語版[19, 20]から抜粋して用いた。自宅環境については、自宅の種類、構造、築年、居住者数、換気、芳香剤や防虫剤の使用、ダンプネス、ペットの有無、殺虫剤・消毒剤の使用、暖房の種類、掃除頻度、床材・壁材についての質問をした。

3-2) 室内環境測定

i. 化学物質の測定

居間にSUPELCO DSD-DNPHサンプラー（Sigma Aldrich社）とSUPELCO VOC-SDサンプラー（Sigma Aldrich社）を各1本ずつ設置し、室内空気を48時間捕集した。DSD-DNPHサンプラーは冷凍、VOC-SDサンプラーは冷蔵にて保存・配送し、分析は中央労働災害防止協会 大阪衛生総合センターにて実施した。

DSD-DNPHサンプラーではホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトンの3化合物をHPLCで分析した（定量下限値、 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。VOC-SDサンプラーからはVOC類34化合物（Methylethylketone,

Ethylacetate, n-Hexane, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, 2,4-Dimethylpentane, 1,1,1-Trichloroethane, 1-Butanol, Benzene, Carbon Tetrachloride, 1,2-Dichloropropane, Trichloroethylene, 2,2,4-Trimethylpentane, n-Heptane, Methylisobutylketone, Toluene, Chlorodibromomethane, Butylacetate, n-Octane, Tetrachloroethylene, Ethyl Benzene, Styrene, Xylene, n-Nonane, α -Pinene, n-Decane, p-Dichlorobenzene, Trimethylbenzene, Limonene, Nonanal, n-Undecane, Decanal, n-Dodecane, n-Tridecane）、MVOC類13化合物（2-Methylfuran, 3-Methylfuran, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyl Disulfide, 1-Pentanol, 2-Hexanone, 2-Heptanone, 1-Octen-3-ol, 3-Octanone, 3-Octanol, 2-Pentylfuran）、MVOCかつDi(2-Ethylhexyl)Phthalate(DEHP)の加水分解物である2-Ethyl-1-Hexanol(2EH)をGC/MS(SIM)で分析した。定量下限値は $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ だが、サンプルブランク(SB)およびトラベルブランク(TB)から検出された化合物に関しては、SBまたはTBの最大値（クロロホルム $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、n-ヘプタン $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、n-デカン $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、n-ドデカン $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、p-ジクロロベンゼン $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を定量下限値とし、それ以上の値のみを評価した。

同時に温度・湿度をおんどとりTR-72U(T&D社製)を用いてモニターし、48時間の平均温度・湿度を求めた。

ii. エンドトキシン・ β グルカンの測定

居間床全面を、ポリエステル製フィルター（住化エンビロサイエンス社）を装着したNationalクリーナーMC-D25C-WA(145W 松下電器産業社製)で吸引・集塵した。髪の毛や食べ物くず、紙くずなどの大きなゴミは除外した後にダスト総量を計量し、一部をCorning®50ml PP遠心管に入れてビニールテープで密閉し冷凍配送した。分析は和光純薬工業株式会社バイオメディカル

システム部にて実施した。

ダストサンプルは、10 mLのエンドトキシン試験用水を加えて攪拌、全体が濡れた状態で斜めにし、invitroshaker（TAITEC WAVE-PR）にセットし、室温（24℃）で1時間振とうした（Speed目盛り30）。振とう終了後、5℃、3000 rpmで10分間遠心分離した。上清をエンドトキシン試験用水で10⁴倍まで10段階希釈し、検体として使用した。

A. エンドトキシンの分析

定法に従って溶解した標準エンドトキシン LotG2B274（USP reference standard endotoxin）をエンドトキシン試験用水（日本薬局方注射用水 大塚製薬）で10倍段階希釈し、0.001, 0.01, 0.1, 1, 10 EU/mL溶液を調製し、検量線を作成した。

リムルスES-2シングルテストワコー Lot KMH5466（和光純薬工業）とトキシノメーター ET-5000を用いて、検量線作成用エンドトキシン標準液とサンプル 10, 10², 10³, 10⁴倍希釈液を測定した。得られたゲル化時間(Tg)の2回対数値を縦軸に、エンドトキシン濃度の対数値を横軸にプロットして検量線を作成し、平行線定量法を用いてエンドトキシン濃度を求めた。

B. β-グルカンの分析

ビージースターAキット lot. 0902AJ（和光純薬工業）の現品説明書に従って溶解したカードラン標準品を、エンドトキシン試験用水で希釈し、4, 40, 400 pg/mL溶液とし、検量線を作成した。

βグルカンの測定はビージースターAキットによりマイクロプレート-カイネティック法で行った。すなわち、マイクロプレート（IWAKI 1860-096）に検量線作成用β-グルカン標準液、サンプル10, 10², 10³倍希釈液を0.05 mLずつ分注し、主剤溶液0.05 mLを加えてただちに、マイクロプレートリーダー（Sunrise Thermo RC、データ処理ソフトウェア：Toximaster MPR）にセットし、以下の条件で測光を開始した。測定

条件は測定波長：405 nm-650 nmの2波長、反応温度：37℃、測光間隔：40秒、測定時間：60分、Onset OD：0.025とした。

得られた活性化時間（Onset time）の対数値を縦軸に、β-グルカン濃度の対数値を横軸にプロットして検量線を作成し、サンプルのカードラン換算値を平行線定量法を用いて求めた。

iii. ダニアレルゲン量の測定

集塵したダストの一部を計量後に分取し、Corning®50ml PP遠心管に入れてビニールテープで密閉し冷凍配送した。分析はニチニチ製薬株式会社にて実施した。

ダストを50メッシュのふるいにかけて採取した Fine Dust 5 mgをダニ抗原 Der f1, Der p1測定キット（ニチニチ製薬株式会社）をもちいて、ELISA法（Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay）にてダニアレルゲン量を分析した（定量下限値、0.1 g/g fine dust）。

iv. 児童の1日の行動における化学物質個人曝露量の測定

柴田化学株式会社にて特注した小型携帯サンプラーを用いて、小学生児童の1日の行動における化学物質個人曝露量を測定した。サンプラーは対象児およびその小学生の兄弟姉妹に携帯を依頼した。児童は朝学校に行く前にアルデヒド用とVOC用の2つのサンプラーを装着してもらい、翌日朝学校に行く前までの24時間空気を捕集した。サンプラーの装着場所はランドセルまたは衣類とし、サンプラーが上着等に覆われないようにした。同時に、体育や特別教室に移動時など、対象児童がサンプラーを携帯できなかった時間帯の記録、接着剤等の化学物質発生源となりうる物質の利用状況などを別途行動記録票に記載するように依頼した。個人曝露量の測定法については別途記載した（P. 71～86[シックハウス症候群解明のため

の超小型拡散型サンプラーの開発—1日の行動範囲における有機化合物の曝露濃度の測定—]）。

アルデヒド用サンプラーは冷凍、VOC用サンプラーは冷蔵にて保存・配送し、分析は中央労働災害防止協会 大阪衛生総合センターにて実施した。アルデヒドサンプラーからはホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトンの3化合物をHPLCで分析した。VOCサンプラーからはVOC類12化合物（Methylethylketone, Ethylacetate, 1-Butanol, Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, o-/p-Xylene, m-Xylene, a-Pinene, p-Dichlorobenzene, Limonene, 2EH）をGC/MSで分析した。

4. 解析

記述統計、およびSHS有訴とカテゴリカルな要因との関連は χ^2 検定で、連続数との関連はMann-Whitney検定で求めた。解析には全てSPSS ver. 14.0J for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)を用いて、両側 $p < 0.05$ を統計学的有意とした。

（倫理面への配慮）

本研究は、北海道大学医学研究科・医学部医の倫理委員会において審査・承認を得て実施した。

C. 研究結果

1. 対象者のSHS有訴と属性

平成20年度の質問紙調査でSHS症状有訴があった190人中57人（参加率30%）、なかった491人中83人（参加率16.9%）から室内環境調査への同意が得られた。このうち自宅訪問のアポイントが成立した128名について平成21年に80人、平成22年に48人の自宅環境調査を実施した。

対象者128人のうち室内環境調査と同時に依頼した調査票の回答からSHS有訴ありを症例とし55人、SHS有訴なしを対照とし72人であった。対象児の属性を表1に示す。男児69人（53.9%）、女

児59人（46.1%）、2年生は平成21年調査時にしかいないために少ないが、他の学年はほぼ均等に分布していた。SHS症例のうち最も多い有訴は鼻症状、次いで眼の症状、咳嗽だった（表2）。

2. 対象者のアレルギー有病率

対象者のアレルギー有病率を表3に示す。現在のアレルギー有病は、過去1年以内に症状があり、かつ医師の診断を受けているものと定義した。現在の喘息、鼻炎・花粉症、アトピー性皮膚炎は全体でそれぞれ18.0%、28.9%、及び22.7%、これらのうちいずれか一つ以上の有病がある現在のアレルギーは46.9%だった。すべて症例に有意に多かった。また、鼻炎・花粉症様症状有訴も、SHSあり群に有意に多かった。両親のアレルギー有訴は、母親のアレルギーのみ症例で有意に多かった。

4. ライフスタイル

対象者のライフスタイルの結果を表4に示す。在宅時間は 15.2 ± 1.4 時間。就寝は 21.4 ± 0.7 時、起床は 6.8 ± 0.4 時、平均睡眠時間は 9.4 ± 0.5 時間であった。就寝時間、起床時間ともSHSなし群が早い傾向があったが、統計学的有意差はなかった。在宅時間、睡眠時間とSHSに有意な関連はなかった。朝食は症例に「食べない」児が1名、対照に「時々食べる」児が1名だったが、残りの126名は「毎日食べる・たいてい食べる」であった。好き嫌いは「少し・ほとんどない」が89.8%、テレビは「2時間以内」が77.3%、排便は「2日に1回以上」が91.4%だった。睡眠は（いつも・たいてい）充分と感じているのが67.2%、目覚めは（いつも・たいてい）すっきりと感じているのが64.8%、（いつも・たいてい）ぐっすり眠れると感じているのが85.9%だった。これらの項目とSHSに関連はなかった。

5. 自宅の環境

対象者の自宅特徴を表5に示す。戸建て住宅が

全体の 45.5%、集合住宅は 54.5%だった。構造は木造が 47.3%、鉄筋鉄骨コンクリートが 52.7%、1軒のみ1階が鉄筋ブロックで2階が木造だった。持ち家、借家はそれぞれ 65.5%、34.5%だった。住宅の種類と構造は症例と対照で差はなかったが、借家に住む割合は症例 34.5%、対照 16.2%と差が得られた。築年は症例中央値が 14 年（範囲 1-43 年）、対照中央値が 8 年（0-45 年）で、症例が有意に古い住宅に居住していたが、入居後の年数や改築の有無には差はなかった。湿度環境では最も有訴が多かったカビの発生と浴室の湿気には症例と対照に差はなかったが、結露発生（症例 81.8%、対照 64.4%）、カビ臭（それぞれ 23.6%、8.2%）、水漏れ（それぞれ 34.5%、12.3%）と有意差が得られた。これら 5 項目を得点化した Dampness Index (0-5) は症例 2.53±1.2、対照 1.78±1.2 で、症例の自宅で有意にダンプネスの問題が多かった。毛や羽のあるペットの有無、家の中の喫煙者の有無、カーペットの利用、掃除頻度、窓開け頻度や時間の長さには症例と対照に差はなかった。居間の換気システムを使用しているのは症例 43.6%、で対照 65.8%よりも有意に少なかった。また、全体で 88 軒に居間に換気システムがあるにもかかわらず、換気システムを利用していない家が 16 軒あった。世帯収入の分布には症例と対照で有意差が得られた。年 300 万未満が症例の 10.9%に対し対象では 0%だった一方、800 万円以上は症例 23.6%と対照 20.5%であった。

6. 環境測定

環境測定中の対象住宅の室内平均温度・湿度を表 6 に示す。室内平均温度は 21.2℃、湿度は 54.9%で、症例と対照で差はなかった。

室内空气中化学物質濃度、床ダスト中ダニアレルゲン量、エンドトキシン・βグルカン量を表 7 に示す。ホルムアルデヒドは全ての住宅で検出されたが、最も濃度が高かった住宅でも 80.69 μg/m³で、厚生労働省の定める指針値濃度を (100 μg/m³)

を超過した住宅はなかった。一方アセトアルデヒドは 98.4%の住宅で検出され、厚生労働省の定める指針値濃度 (48 μg/m³) を超過した住宅は 12 軒、うち症例対照それぞれ 6 軒だった。アセトンは 97.7%の住宅で検出され、最高濃度は症例と対照それぞれ 452.08 μg/m³、374.07 μg/m³と高い家があった。3 化合物とも、SHS との有意な関連はなかった。

対象住宅のその他の厚生労働省が指針値を定めている化合物について、トルエン、エチルベンゼン、スチレン、キシレンの濃度に指針値濃度を超過した住宅はなかったが、p-ジクロロベンゼン濃度は症例住宅のうち 4 軒で指針値 (240 μg/m³) を超過しており、最高濃度は 1541.22 μg/m³と高値だった。参考に、表に示した 24 化合物の濃度合計を TVOC としたところ暫定指針値 (400 μg/m³) を超過した住宅が 19 軒あり、うち症例の住宅が 13 軒だった。VOC 類のうち中央値濃度が最も高かった物質はリモネンで、症例対照それぞれ 12.51 μg/m³、25.78 μg/m³だった。SHS と有意な関連が得られた化合物はクロロホルム、n-オクタン、n-ノナン、n-デカン、n-ウンデカン、n-ドデカン、デカナールの 7 化合物で、いずれも症例の住宅で濃度が高かった。

MVOC 化合物は 3-オクタノンの 51.6%以外、検出率はすべて 50%未満だったが、1-オクテン-3-オールと 3-オクタノンは症例の自宅で濃度が有意に高かった。2EH は症例対照それぞれ 1.83 μg/m³、1.73 μg/m³で、SHS との有意な関連はなかった。

床ダスト中ダニアレルゲン Der 1 量の中央値は症例対照それぞれ 1.80 μg/g fine dust、1.61 μg/g fine dust で、SHS との有意な関連はなかった。

床ダスト中エンドトキシンと βグルカン量の中央値は症例で 3407 EU/g dust と 337 ng/g dust、対照で 3696 EU/g dust と 328 ng/g dust で、SHS との有意な関連はなかった。

平成 22 年に調査を実施した対象児の兄弟姉妹も含めた小学生全員が小型携帯サンプラーを 24

時間装着したところ、ホルムアルデヒドは中央値 21.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、検出率 93.8%、最大濃度 73.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、室内濃度指針値を超過した濃度に曝露されていた児童はいなかった。一方、アセトアルデヒド、トルエン、p-ジクロロベンゼンはそれぞれ1名が 98.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、328.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、607.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、指針値濃度を超過した濃度に曝露されていた児童がいた。

D. 考察

本研究では、札幌市の公立小学校に通う学童を対象に、SHS に関する質問紙調査および自宅室内環境調査を実施した。

SHS 症状は経年によって改善あるいは新たに発症することが報告されている[21]。本研究でも症例として抽出したが自宅環境調査時には症状が消失していた、あるいは対照として抽出したが症状有訴が報告された児がいた。そこで、解析では自宅調査と同時に実施した質問紙調査の有訴から SHS を定めたため、抽出時と調査時による症例対照の誤分類の影響はないと考えられる。

SHS 有訴と関連する個人特性としては、アレルギーの有病があげられる。医師によるアレルギー診断を受けているものは、症例で有意に多く、過去の研究でもアレルギーが SHS のリスクとなることが報告されている[22, 23]。本研究のベースライン調査となる札幌市小学生の質問紙調査では SHS 有訴との関連が得られた好き嫌いの多さ、便秘傾向、睡眠の質感の悪さは本研究では関連性が得られなかった。このことから、本結果で得られた SHS の要因としては、個人のライフスタイルよりもむしろ室内環境の影響が大きいといえる。

住宅環境では、症例が住む家は築年が古く、結露発生、カビ臭、水漏れなどのダンプネスの問題が多く、換気扇を使用していなかった。また、世帯収入の分布に差は見られたが、収入が少ない群は借家に居住している傾向があり、SHS のリスク項目が交絡している可能性が考えられる。このため、今後の SHS の予防には社会経済的要因につい

ても検討していく必要があるだろう。

室内環境中の化学物質濃度を、本研究班による平成 16 年に築 7 年以内の戸建て住宅 104 軒を対象に測定した結果と比較する[4, 24]。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドをはじめ、ほぼすべての化学物質濃度は本研究結果の方が低かった。ホルムアルデヒドの室内濃度指針値を超過した住宅軒数も、平成 16 年の研究では 10 軒 (9.6%) あったが、本研究では 0 軒であった。本研究では 2 軒が築 1 年以内だったが、新築住宅において国土交通省の建築基準法改訂によるシックハウス対策規制（平成 15 年 7 月 1 日）に伴う、ホルムアルデヒド放散建材の制限や機械換気設備設置の義務付け、ホルムアルデヒドの測定義務づけの効果と考えられる。本研究では炭素数が 8 以上の長鎖鎖状アルカンおよびデカナール濃度が、症例で有意に高かった。これらの化合物は石油や留灯油に含まれ、またデカナールは植物が放散する香気成分でもあり香料としても用いられる。実際に調査期間中に石油燃料の暖房を使用した住宅でこれら化合物の濃度が有意に高く、札幌市では屋外排気のあるストーブが一般的ではあっても換気に配慮する必要性が示唆された。

MVOC 類は、本研究班で平成 18 年に築 3-8 年の戸建て住宅を対象に測定した[25]。新規に測定した 2-メチルフラン、3-メチルフラン、2-ペンチルフラン、ジメチルジスルフィドはいずれも検出率 20%以下とほとんど検出されなかった。過去に SHS 粘膜への刺激症状へのリスクとなった 1-オクテン-3-オールは本研究でも症例対照に差が見られたことから、1-オクテン-3-オールは小学生児童の SHS にもリスクとなる可能性が示唆された。MVOC と SHS の関連性は、MVOC そのものによる刺激によるのか、あるいは MVOC を代謝する微生物の増加によるものかは明らかではなく、今後も検討が必要といえる。微生物によって放散される MVOC であり[16]、かつ建材中に含まれるフタル酸の加水分解によっても放散される 2EH は喘息症状との関連が

報告されているが[15]、本研究では SHS との有意な関連はなかった。今後は MVOC 類、2EH とダンプネスとの関連について詳細な検討が必要であろう。

ダニアレルゲン量は、平成 16 年の結果[24]では Der 1 中央値が 0.575 g/g fine dust であったのに対し、本研究結果は症例対照それぞれ 1.80g/g fine dust、1.61 g/g fine dust と多かった。これは、ダニアレルゲン量は築年数と相関を示し（ $r=0.312$ 、 $p=0.001$ 、表なし）、本研究の方が古い住宅を含むためと考えられる。一方、平成 16 年の結果では最大値が 200 g/g fine dust と極端にアレルゲン量が多い家があったが、本研究結果では最大値でも 34.26 g/g fine dust だった。これは、平成 16 年は居間の中央で、カーペットなどが敷いてある場合はその上を 1~4m³に限定してサンプリングを実施したため、部分的な高濃度を反映したことが考えられる。一方、本研究では居間全体をサンプリングしたため、居間アレルゲン量の平均値をより反映しているといえる。

本研究では、室内の微生物濃度指標としてダスト中エンドトキシン、 β グルカン量の濃度を測定したが、症状との関連は得られなかった。この理由としては、サンプルサイズが小さいことによる検出力不足も考えられ、今後とも引き続き検討が必要と考えられる。

E. 結論

本研究では、小学生のSHSに関する健康調査およびその住居の環境測定を実施した。SHSの個人リスク素因としてはアレルギー有病があることである。また自宅環境では、SHS有訴のある児の自宅は借家、築年数が経過している、結露やカビ臭、水漏れがある、ダンプネスの問題が多い、換気システムがないまたは利用していなかった。化学物質のうち長鎖鎖状アルカン、デカナールの濃度が高く、換気不足や石油暖房の利用によるリスクが示唆され、MVOCのうち1-オクテン-3-オールと3-オクタノン濃度が症例住宅で高かった

ことから、SHSの予防には①積極的に換気を施行し室内の化学物質濃度を下げること、②ダンプネスの問題を改善し、MVOCの発生を防ぐことが重要であることが小児を対象にした症例対照研究でも明らかになった。

謝辞

本研究の実施に当たり、調査に協力頂いた全児童および保護者・ご家族の皆様方に心より御礼申し上げます。

上原拓樹氏、片桐巧氏、川村亮太氏、佐藤奈々江氏のご援助に感謝いたします。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

論文発表

原著

- 1) Saijo Y, Kanazawa A, Araki K, Morimoto K, Nakayama K, Takigawa T, Tanaka M, Shibata E, Yoshimura T, Chikara H, Kishi R. Relationships between mite allergen levels, mold concentrations, and sick building syndrome symptoms in newly built dwellings in Japan. *Indoor Air (in press)*
- 2) Takigawa T, Wang BL, Saijo Y, Morimoto K, Nakayama K, Tanaka M, Shibata E, Yoshimura T, Chikara H, Ogino K, Kishi R. Relationship between indoor chemical concentrations and subjective symptoms associated with sick building syndrome in newly-built houses in Japan. *Int Arch Occup Environ Health* 83 : 225-235. 2010
- 3) Araki A, Kawai T, Eitaki Y, Kanazawa A, Morimoto K, Nakayama K, Shibata E, Tanaka M, Takigawa T, Yoshimura T, Chikara H, Saijo Y, Kishi R. Relationship between selected

indoor volatile organic compounds, so-called microbial VOC, and the prevalence of mucous membrane symptoms in single family homes. *Sci Total Environ.* 408(10):2208-2215. 2010

- 4) Kanazawa A, Saito I, Araki A, Takeda M, Ma M, Saijo Y, Kishi R: Association between indoor exposure to semi-volatile organic compounds and building-related symptoms among the occupants of residential dwellings. *Indoor Air.* 20(1):72-84. 2010
- 5) 金澤文子、西條泰明、田中正敏、吉村健清、力寿雄、瀧川智子、森本兼曩、中山邦夫、柴田英治、岸玲子. シックハウス症候群についての全国規模の疫学調査研究—寒冷地札幌市と本州・九州の戸建住宅における環境要因の比較—. *日本衛生学雑誌.* 65: 447-458. 2010
- 6) 竹田智哉、荒木敦子、アイトバマイゆふ、斎藤育江、早川敦司、吉岡英治、金澤文子、湯浅資之、岸玲子. 小学生のシックハウス症候群の有訴と自宅の床ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度との関連. *北海道公衆衛生学会誌* (投稿中)
- 7) 荒木敦子、金澤文子、西條泰明、岸玲子. 札幌市戸建住宅における3年の室内環境とシックハウス症候群有訴の変化. *日本衛生学雑誌* (投稿中)
- 8) Araki A., Watanabe K., Eitaki Y., Kawai T., Kishi R. Feasibility of aromatherapy massage to reduce symptoms for Idiopathic Environmental Intolerance: A pilot study. *Complementary Therapies in Medicine* (投稿中)

その他

- 1) 岸玲子、荒木敦子. シックハウス症候群に関する研究の現状と今後の課題. *公衆衛生.* 74(4):295-298. 2010

学会発表

- 1) Atsuko Araki, Toshio Kawai, Yoko Eitaki, Ayako Kanazawa, Kanehisa Morimoto, Kunio Nakayama, Eiji Shibata, Masatoshi Tanaka, Tomoko Takigawa, Takesumi Yoshimura, Hisao Chikara, Yasuaki Saijo, Reiko Kishi. Prevalence of Asthma, Atopic Dermatitis and Rhinitis and MVOC Exposure in Single Family Homes -A Survey in Six Cities of Japan. ISES-ISEE 2010 Joint Conference of International Society of Exposure Science & International Society for Environmental Epidemiology. Seoul (2010. 8. 28-9. 1)
- 2) 荒木敦子、アイトバマイゆふ、竹田智哉、河合俊夫、坪井樹、早川敦司、吉岡英治、岸玲子「札幌市小学生のシックハウス症候群有訴と自宅の気中化学物質濃度」第81回日本衛生学会. 東京 (2011. 3. 25-28)
- 3) 竹田智哉、荒木敦子、斎藤育江、アイトバマイゆふ、早川敦司、吉岡英治、岸玲子「小学生のシックハウス症候群と住環境に関する研究(1)- 住宅特徴および床ダスト中リン酸トリエステル類濃度-」第62回北海道公衆衛生学会. 旭川 (2010. 9. 18)
- 4) アイトバマイゆふ、荒木敦子、斎藤育江、竹田智哉、早川敦司、吉岡英治、岸玲子「小学生のシックハウス症候群と住環境に関する研究(2)- ダスト中フタル酸エステル類濃度との関連 -」第62回北海道公衆衛生学会. 旭川 (2010. 9. 18)
- 5) 坪井樹、永滝陽子、河合俊夫、住野公昭、荒木敦子、大前和幸、岸玲子「室内環境汚染物質51物質の分析・測定技術」第83回日本産業衛生学会. 福井 (2010. 5. 26-28)
- 6) アイトバマイゆふ、荒木敦子、西條泰明、森本兼曩、中山邦夫、瀧川智子、田中正敏、柴田英治、吉村健清、力寿雄、岸玲子「喫煙者の有無別にみた室内環境化学物質濃度とシッ

クハウス症候群の自覚症状」

中山邦夫、森本兼囊、岸玲子、竹田誠、西條泰明、田中正敏、柴田英治、瀧川智子、吉村健清、力寿雄「ストレスとライフスタイルに関する予防医学研究53：シックハウス症状と居間・寝室のVOC」第80回日本衛生学会。仙台（2010.5.9-11）

- 7) 金澤文子、西條泰明、田中正敏、吉村健清、力寿雄、瀧川智子、森本兼囊、中山邦夫、柴田英治、岸玲子「シックハウス症候群についての全国規模の疫学調査研究 寒冷地札幌市と本州・九州の戸建住宅における環境要因の比較」第80回日本衛生学会。仙台（2010.5.9-11）

引用文献

1. Bornehag, C.G., et al. *Indoor Air*, 2001. 11(2): p. 72-86.
2. Kishi, R., et al. *Indoor Air*, 2009. 19(3): p. 243-254.
3. Kim, J.L., et al. *Indoor Air*, 2007. 17(2): p. 153-163.
4. Takeda, M., et al. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2009. 82(5): p. 583-593.
5. Rennie, D.C., et al. *Indoor Air*, 2008. 18(6): p. 447-453.
6. Rabinovitch, N., et al. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2005. 116(5): p. 1053-1057.
7. Litonjua, A.A., et al. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2002. 110(5): p. 736-742.
8. Elliott, L., et al. *Environ. Health Perspect.*, 2007. 115(2): p. 215-220.
9. Douwes, J., et al. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2000. 162(4): p. 1348-1354.
10. Gehring, U., et al. *Eur. Respir. J.*, 2007. 29(6): p. 1144-1153.
11. Iossifova, Y.Y., et al. *Allergy*, 2007. 62(5): p. 504-513.
12. Iossifova, Y.Y., et al. *Ann. Allergy. Asthma. Immunol.*, 2009. 102(2): p. 131-137.
13. Elke, K., et al. *Journal of Environmental Monitoring*, 1999. 1(5): p. 445-452.
14. Araki, A., et al. *Sci. Total Environ.*, 2010. 408(10): p. 2208-2215.
15. Norbäck, D., et al. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.*, 2000. 4(11): p. 1016-1025.
16. Nalli, S., et al. *Environmental Pollution*, 2006. 140(1): p. 181-185.
17. Andersson, K. *Indoor Air*, 1998. 8(suppl 4): p. 32-39.
18. 西間三馨 and 小田嶋博. *日本小児アレルギー学会誌 The Japanese Journal of Pediatric Allergy and Clinical Immunology* 2002. 16(3): p. 207-220.
19. 清水薫子, et al. *アレルギー*, 2008. 57(7): p. 835-842.
20. 渡辺淳子, et al. *アレルギー*, 2006. 55(11): p. 1421-1428.
21. Takigawa, T., et al. *Science of the Total Environment*, 2009. 407: p. 5223-5228.
22. Bakke, J.V., et al. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2008. 81(7): p. 861-872.
23. Bjornsson, E., et al. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.*, 1998. 2(12): p. 1023-1028.
24. 岸玲子. 総合研究報告書, 2006.
25. 岸玲子. 総合研究報告書, 2008.

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

表1:対象者の属性

		n=128					
		全体		SHS2あり(n=55)		SHS2なし(n=73)	
		N	%	N	%	N	%
性別	男	69	53.9	31	56.4	38	52.1
	女	59	46.1	24	43.6	35	47.9
学年	2年生	13	10.2	6	10.9	7	9.6
	3年生	34	26.6	14	25.5	20	27.4
	4年生	27	21.1	13	23.6	14	19.2
	5年生	26	20.3	10	18.2	16	21.9
	6年生	28	21.9	12	21.8	16	21.9

表2:症状別SHS有訴

		症例 n=55	
		N	%
疲れる		6	10.9
頭痛		5	9.1
睡眠の問題		8	14.5
眼がかゆい		23	41.8
鼻水		42	76.4
咳		18	32.7
顔面の乾燥		8	14.5
頭皮の乾燥		13	23.6
手の乾燥		11	20.0
腹痛		3	5.5

表3:アレルギーの有病率

	全体		症例(n=55)		対照(n=73)		p-value ^{a)}
	N	%	N	%	N	%	
喘息	23	18.0	19	34.5	4	5.5	<0.001
鼻炎・花粉症	37	28.9	22	40.0	25	30.5	0.019
アトピー性皮膚炎	29	22.7	19	34.5	10	13.7	0.010
上記のうちいずれか1つ以上	60	46.9	39	70.9	41	56.2	<0.001
母がアレルギー	84	65.5	43	78.2	12	21.8	0.014
父がアレルギー	51	39.8	25	45.5	26	35.6	0.279

アレルギー:1年以内に症状があり、かつ医師の診断あり

^{a)} χ^2 検定

表4:SHS症状の有訴とアレルギー、ライフスタイルとの関連

		全体		症例(n=55)		対照(n=73)		p-value
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	
在宅時間	平均	15.2±1.4		15.3±1.5		15.1±1.4		0.643 ^{a)}
就寝時	平均	21.5±0.7		21.7±0.7		21.4±0.7		0.059 ^{a)}
起床時	平均	6.9±0.4		6.9±0.3		6.8±0.4		0.096 ^{a)}
睡眠時間	平均	9.3±0.6		9.3±0.6		9.4±0.6		0.238 ^{a)}
好き嫌い	たくさん	13	(10.2)	6	(10.9)	7	(9.6)	1.000 ^{b)}
	少し、ほとんどない	115	(89.8)	49	(89.1)	66	(90.4)	
TV	~2時間くらい	99	(77.3)	39	(70.9)	60	(82.2)	0.143 ^{b)}
	3時間以上	29	(22.7)	16	(29.1)	13	(17.8)	
排便	2日に1回以上	117	(91.4)	52	(94.5)	65	(89)	0.349 ^{b)}
	3日~1週間に1回	11	(8.6)	3	(5.5)	8	(11)	
睡眠充分	いいえ、時に	42	(32.8)	21	(38.2)	21	(28.8)	0.342 ^{b)}
	たいていいつも	86	(67.2)	34	(61.8)	53	(72.6)	
目覚め	いいえ、時に	45	(35.2)	20	(36.4)	25	(34.2)	0.853 ^{b)}
	たいていいつも	83	(64.8)	35	(63.6)	48	(65.8)	
睡眠深さ	いいえ、時に	18	(14.1)	6	(10.9)	12	(16.4)	^{b)}
	たいていいつも	110	(85.9)	49	(89.1)	61	(83.6)	

^{a)} 対応のないt検定

^{b)} Mann-Whitney検定