

## 住環境から次世代の健康を考える

## その3 シックハウス症候群予防と健康増進に向けた短期滞在型実証実験プロトコル

正会員	○中岡 宏子 1*	正会員	津村 佳余 1* 2**	正会員	中山 誠健 1*
正会員	松下 和彦 3*	正会員	田中 眞二 3*	正会員	岩山 遼太郎 3*
正会員	花里 真道 1*	正会員	鈴木 規道 1*		

室内環境	室内空気質	揮発性有機化合物
健康影響	予防医学	シックハウス症候群

## 背景と目的

人間が1日のうちに呼吸する空気は成人で約15~20kgである。その呼吸によって体内に取り込まれる物質量は、重量比では飲食などを含めた物質の取り込み量全体の8割近くに上るとされており、空気質が人間の健康に及ぼすウェイトは大きいと考えられる。なかでも現代社会において人間は多くの時間を室内で過ごすため室内の空気環境は人間の健康に大きく関わっており、健康に生活するための重要な要素となっている。

室内空気中の化学物質曝露が主な原因とされているシックハウス症候群は厚生労働省の2005年室内空気質健康影響研究会報告書によると「問題のある住宅においてみられる健康障害の総称」と定義されている。一方、化学物質、特に建物内に存在する化学物質の曝露は、既存のアレルギー疾患の再発、再燃、悪化あるいは顕在化させる可能性がある、との報告がある。それぞれの発症機序が同じとは考えにくい、室内環境を改善してシックハウス症候群を予防することが、アレルギーを悪化、顕在化させないことにつながる可能性がある。加えて、室内環境によって認知機能の発揮の度合いが異なってくる可能性があるという報告もあり、人間が健やかに暮らしていくためには室内環境調節が重要である。

千葉大学予防医学センターではその先行研究から室内空気中の揮発性有機化合物(VOCs)の濃度がある程度以上高くなると、シックハウス症候群などの症状を訴える人が有意に多くなり、また臭気についても臭気強度が強くなれば粘膜などの刺激症状を訴える人が多くなるということを明らかにしてきた(1)。そこでさらに2017年から、健康な大人だけでなく化学物質に対する感受性の高い人、アレルギーの既往症を持つ人、子どもたちを対象としてシックハウス症状やアレルギー様症状を引き起こさず、さらには健康増進ができる室内環境を創造することを目的として新しいプロジェクト「ケミレスタウンプロジェクトフェーズⅢ」を開始した。本報では2017年から2018年に行ったこのプロジェクトの実証実験についてそのプロトコルと空気環境条件の結果について報告する。

## 対象と方法

①実証実験棟：2017年11月に千葉大学柏の葉キャンパス内に2棟の実証実験棟(LH-1およびLH-2)が建設された(図1)。この2棟は建物構造や建材、内装材は違っているが、外装、内装とも見た目を可能な限り統一した。LH-1は在来軸組み工法で建設され、一般的な外/内装材を使用し、LH-2は鉄骨造で、使用された建材はチャンパー試験を行い、化学物質放散のできるだけ少ないものを選んだ。

②環境測定：すべての実証実験日には評価試験に先立ち、実証実験棟の環境調査を行った。空気測定については厚生労働省の示す方法に従い、ポンプを使ったアクティブ法で30分の空気採取を行った。VOCsはテナックスTA(スペルコ・シグマアルドリッチ)、アルデヒド類についてはDNPHガスチューブ(柴田科学)を捕集管として用い、それぞれ加熱脱着-GC/MS、溶媒抽出-LC/MSにて分析を行った。本研究においてはVOCs 64物質、アルデヒド類 16物質の個別定量を行い、TVOC濃度についてはn-ヘキサンからヘキサデカンまでのピーク面積値をトルエン換算を用いて算出した。空気採取と同時に温湿度の記録を行った。

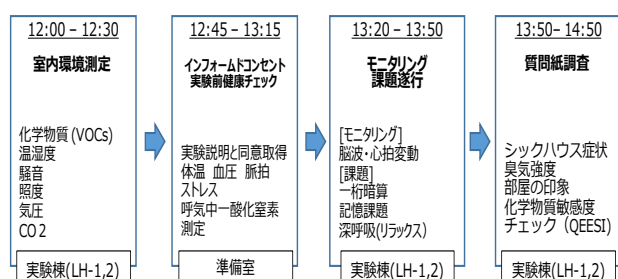


(図1) 左上：実証実験棟 LH-1、右上：LH-2  
左下：空気採取の様子 右下：実証実験の様子

Title Improving the health of future generations through indoor environments - Part 3: An experimental protocol for the study on the prevention of sick building syndrome and health promotion

Hiroko Nakaoka, Kayo Tsumura, Yoshitake Nakayama, Kazuhiko Matsushita, Shinji Tanaka, Ryotaro Iwayama, Masamichi Hanazato, Norimichi Suzuki,

③空気質の評価試験：2017年11月から2018年10月まで多様な年代の男女の健康なボランティアに其々の実証実験棟に約90分滞在して評価を依頼した。具体的には3つの課題の遂行とその間の脳波、心拍変動のモニタリング、症状や臭気に関するアンケート調査への回答をお願いした。この評価試験の前には、すべての参加者に実験の説明をした後、書面による同意を取得し、健康チェックとして体温、血圧、脈拍、唾液アミラーゼによるストレス度、またアレルギーのスクリーニングとして呼気中一酸化窒素濃度 (NO) の測定を行った。(図2)



(図2) 実証実験の1日の手順

④臭気 (OTR)：本研究では、室内空気中の個別定量した化学物質濃度をそれぞれの嗅覚閾値濃度で除した臭気閾値比 (odor threshold ratio: OTR) を算出し(1)、臭気の数値化を試みた。この臭気閾値比は OTR の値が大きくなればなるほど臭気が強くなる。

$$\text{OTR} = \frac{\text{化学物質濃度 } (\mu\text{g}/\text{m}^3)}{\text{嗅覚閾値 } (\mu\text{g}/\text{m}^3)} \quad (1)$$

また OTR に相加性があると仮定し、OTR の総和を求め、総臭気閾値比 (total odor threshold ratio: TOTR) とした。

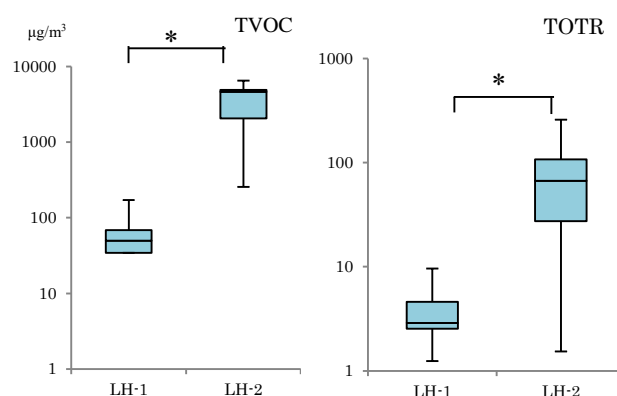
## 結果

実験棟環境調査の結果を表1に示す。LH-1の室内空気中TVOC濃度は平均値  $53.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 31.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、LH-2では平均値  $3620 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 1910 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。また臭気TOTRはLH-1では平均値 3.50 ( $\pm 1.70$ )でLH-2では平均値 75.3 ( $\pm 62.0$ )であった(図3)。TVOC、臭気に加えてCO<sub>2</sub>濃度において、2棟間で有意差がみられた。これらの統計的な差はスチューデントのt検定によって確認し、 $p < 0.01$ を統計的に有意であると判断した。その他の環境条件は2棟の実験棟 (LH-1, 2) の間では差がみられなかった。

表1 実証実験棟 (LH-1、LH-2) の環境条件

	LH-1		LH-2		P
	平均値	SD	平均値	SD	
室温 (°C)	23.8	1.50	23.8	1.30	
相対湿度(%)	54.2	13.6	55.4	13.4	
騒音 (dB)	46.8	6.1	46.4	7.3	
照度 (Lx)	155	91.2	163	78.8	
気圧 (hPa)	1010	6.30	1010	6.00	
CO <sub>2</sub> (ppm)	542	90.9	721	153	*
TVOC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	53.2	31.2	3620	1910	*
臭気 (TOTR)	3.50	1.70	75.3	62.0	*

\* $p < 0.01$ ; SD = 標準偏差



(図3) 2棟間 (LH-1,2) のTVOC濃度・TOTRの比較

評価試験の参加者の年齢、男女などの特性についても2棟間での差はみられなかったが詳細については続く2報で報告する。

## 考察及び結論

室内空気的环境条件の差がヒトの健康に及ぼす影響についての評価試験をボランティアの参加を得て空気中化学物質濃度および臭気の観点から行った。この評価試験の実施のために、建築構造、建材あるいは補修などによる環境条件の調節を行ったところ、外見はほとんど同じでも空気質が有意に違う室内空間を創出することができた。また臭気の評価するためのOTRなどの評価方法の開発を行い、これまでなかなか評価できなかった臭気という観点からの健康影響評価を実施することができた。今後、これらの評価手段を用いて、何が健康増進に寄与するのかなどの実験をしていく予定である。

## 文献

- (1) Nakaoka, H. et al. Correlating the symptoms of sick-building syndrome to indoor VOCs concentration levels and odour, *Indoor and Built Environment*, 23(6), 804-813, 2014.

\*千葉大学 予防医学センター

\*\*千葉大学大学院 医学薬学部

\*\*\*積水ハウス株式会社総合住宅研究所

\* Center for Preventive Medical Sciences, Chiba University

\*\* Graduate School of Medical and Pharmaceutical Sciences, Chiba University

\*\*\* Comprehensive Housing R&D Institute, Sekisuihouse, Ltd.