

住環境から次世代の健康を考える

その5：木質系由来のテルペン系濃度の異なる実験空間の構築および環境測定

正会員	○津村 佳余 1,2**	正会員	中山 誠健 1*	正会員	中岡 宏子 1*
正会員	高口 健暉 1*	正会員	田中 真二 3***	正会員	岩山 遼太郎 3***
正会員	喜多 裕美 3***	正会員	中原 みまえ 3***	正会員	鈴木 規道 1*

住環境	室内空気質	健康影響
木質由来	実証実験	環境測定

背景

昨今、社会的には木造建築および仕上げ材などの木材利用に対する注目が高まっている。國の方針として農林水産省の外局である林野庁が国産材を國民に広く利用してもらえるよう「木づかい運動」¹⁾を提案し、木材を使った製品の取り入れを推奨している。木材利用と香りによるリラックス効果などのヒトの健康増進・癒しなどとの関連を示す報告も多く見られる。一方、木質系部材の利用が増えると、室内の総揮発性有機化合物 (TVOC: Total Volatile Organic Compounds) の濃度が上昇することが報告されている。しかし、テルペン系を中心とした木材から発生する化学物質が増加することで健康影響の視点から空間やにおいがどのように評価されるのかについては、十分に議論されているとは言えない。

ケミレスタウン・プロジェクト

千葉大学予防医学センターでは室内の空気環境と人間への健康影響に着目し、室内の化学物質を最大限に低減させる取り組み、ケミレスタウン・プロジェクトを推進してきた。柏の葉キャンパス内に建設された2棟の実証実験棟 (LH1, LH2) の内1棟は小型チャンバー試験により低濃度の建材を選択する事で建設された空気配慮型住宅 (LH2) である。前報その³⁾では、これら2棟において年間を通した室内環境測定の結果を報告した。2017年から2019年の3年間を通し室内のTVOC濃度を平均値65.7μg/m³まで低減させている。

目的

上記の背景を踏まえ、本研究では室内のTVOC濃度を厚生労働省の暫定目標値400μg/m³以下を目指したうえで、4つの空間を対象に木材を付加する事で、主にテルペン系の化学物質で段階的に室内空気質をコントロールした化学物質濃度の異なる実験空間を構築する事を目的とした。

方法

2棟の実証実験棟LH1およびLH2を用いた。2棟の間取りは同一に作られており、構造・内装材が異なるが、心理的なバイアスを防ぐため、可能な限り見た目を統一している。実験棟の間取りを図1に示す。

木質系部材の設置：LH1内の2つの個室を使い、一方の個室は従来のままで使用し、一方の個室に内装用無垢木材（桧・無塗装）を個室内に設置されているベッド下に実際の施工状況に合わせ、表面のみで居室床面積の10~20%になるように、裏面・側面をアルミホイルで包んだ状態で設置した。入室した被験者には、部材が見えないように配慮し、ブラインドで実証実験を行った。木材を設置していない個室1をa1とし、設置した個室2をa2とした。同様にLH2内の個室にも木材の有・無の個室を作り、木材を設置していない個室1をb1とし、設置した個室2をb2とした。LH1のa1は木造の建物由来の化学物質で構成された空気質の個室、a2はa1の空気質に木材から発生する化学物質が加わった空気質の個室である。LH2のb1は化学物質に配慮した建物由来の低TVOC空気質の個室、b2はb1の空気質に木材から発する化学物質が加わった空気質の個室とし、各室内の空気中の化学物質構成が異なる4室を作った。

環境測定：実証実験を行う日は被験者の入室前に実証実験棟の環境測定を行った。木材を設置しないa1・b1はドアを開け隣り合う居間との中間で測定を行い、木材を設置したa2・b2はドアを閉め測定した。1棟当たり2点、計4点で測定を行った。空気採取と同時に温湿度の記録を行った。空気測定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Tenax-TA（スペルコ・シグマアルドリッヂ）、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 51物質、アルデヒド類2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で算出した。

換気：各個室・居間は測定の前に窓開け換気を行った。その際、各居室内の空気が混合することを極力抑えるため、a2・b2はLDKと接するドア下の隙間を埋め、実験前

にはドアを閉めた状態で窓開け換気を行った。被験者が滞在している最中は各室内に設置された換気システムで行った。LDK および a1・b1 は洗面所に設置された 24 時間換気を行った。

統計解析：各室のテルペニン類 (α -ヒニン・ β -ヒニン・リモネン・3-ケン)・アルデヒド類 (HPLC 測定, ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド)・TVOC 濃度の中央値の差を Kruskal Wallis の H 検定を行い、多重比較した。解析には SPSS statistics software, version 25.0 for Mac (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) を用い $p < 0.01$ を有意とした。

結果

測定した各棟の個室 15 日分の測定結果を表 1 に示す。TVOC 濃度は LH2 の b1 で平均値 $45.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も低くかった。次いで b2 で $158.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、LH1 の a1 で $288 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、最も高いのは a2 で $442.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

Kruskal Wallis の H 検定：結果を表 2 に示す。テルペニン類の中央値において各部屋に有意な差が認められた。テルペニン類の中央値濃度は降順で a2 ($193.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > a1 ($134.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b2 ($9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b1 ($1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。アルデヒド類の中央値において、a1 ($32.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) と a2 ($35.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) で有意な差が認められなかったが、それ以外の部屋で有意な差が認められた。アルデヒド類の中央値濃度は降順で a1 ($32.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b2 ($11.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b1 ($9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、a2 ($35.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b2 ($11.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b1 ($9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。TVOC 濃度の中央値において各部屋に有意な差が認められ、TVOC 中央値濃度は降順で a2 ($376 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > a1 ($259 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b2 ($85.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > b1 ($37.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。

まとめ

以上より 4 つの空間を対象に、木材を付加することで室内の化学物質濃度を段階的にコントロールし、空気質の差を作り出す事ができた。また、LH2 では、ベースライン時の TVOC 濃度を最大限に低減させたことで、LH1 と同量の木材を設置したうえでも、厚生労働省の暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく下回る事ができた。

展望

次報では、本報で段階的に空気質をコントロールした 4 室を用いて、短期滞在実証実験を行い健康影響・においの印象（心地よさ、嗜好性など）について、検証を行った結果について報告する。

参考文献

- 1) 林野庁「公共建築物等木材利用促進法・木づかい運動」
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukai/top.html> 分野別情報
> 公共建築物等木材利用促進法・木づかい運動 > 木づかい運動でウッド・チェンジ！

2) Hiroko Nakaoka, et al.: Improving the health of future generations through indoor environments-Part3: An experimental protocol for the study on the prevention of sick building syndrome and health promotion. Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan. pp.865-866, no41420, 2019-09



実証実験棟 LH1, LH2 ともに個室 2 に木材を設置した。

図 1 実証実験棟内の間取り図

表 1 棟別・居室ごと 15 日分の測定結果

		LH1		LH2	
		a1	a2	b1	b2
室温 (°C)	平均値	23.2	23.3	23.2	23.4
	中央値	23.4	23.8	23.3	23.9
	SD	0.9	1.1	1.2	1.4
湿度 (%)	平均値	56.8	53.7	56.6	57.6
	中央値	58.2	54.6	57.0	56.9
	SD	5.8	5.1	7.2	5.7
TVOC 濃度 トルエン換算 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	平均値	288	442.9	45.3	158.1
	中央値	259	376	37.3	85.3
	SD	132.1	222.4	23.1	246.7

表 2 各室の中央値一覧と Kruskal Wallis の H 検定結果

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	LH1		LH2		p 値
	a1	a2	b1	b2	
テルペニン類	134.4	193.1	1.6	9.8	<.01
アルデヒド類	32.9*	35.9*	9.0	11.6	<.01 *
TVOC 濃度	259	376	37.3	85.3	<.01

*アルデヒド類において a1, a2 間にのみ、有意な差は認められなかった。

* 千葉大学 予防医学センター

** 千葉大学大学院 医学薬学府

*** 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, Sekisui house, Ltd