

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：12608

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22443

研究課題名（和文）住宅の温熱環境・空気質が血圧・肺活量に与える影響に関するフィールド調査

研究課題名（英文）Field survey on the effect of thermal environment and air quality at home on blood pressure and lung capacity

研究代表者

海塩 渉（Umishio, Wataru）

東京工業大学・環境・社会理工学院・助教

研究者番号：90881863

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では全国の住宅やその居住者に対してフィールド調査を展開し、2020・2021年度の2年間合計で約200世帯の調査を完了した。住環境の指標として温熱環境・空気質・カビを、健康指標として循環機能・呼吸機能等を測定し、併せて住宅性能や個人属性等に関するアンケート調査のデータを得た。2020年度に調査を実施した132世帯231名の分析から、冬の寝室室温の日較差が大きい（室温が不安定な）住宅や室内化学物質のStyreneの濃度が高い住宅の居住者は血圧が高いという有意な関連を得た。また木の香り成分である $\alpha$ -Pinene濃度が高い住宅に住んでいる居住者は呼吸機能が良好に保たれる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、世界の死因の7割を占める非感染性疾患（循環器疾患・がん・呼吸器疾患）の予防に貢献する居住環境のあり方を探究するための基礎調査である。住環境指標（温熱環境・空気質・カビ）や循環器・呼吸器疾患に関連する健康指標（血圧・肺機能）を客観的に測定し、その関連を検証した事例は世界的に見ても僅少であり、この点が学術的意義と捉えている。また、住宅内の温熱環境・空気質と血圧・肺機能に有意な関連が認められたことから、良好な居住環境の提案に向けた知見が得られつつあり、本研究成果の社会的意義に繋がるものと期待している。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted a nationwide field survey of houses and residents, and completed a survey of about 200 households for the two years of 2020 and 2021. Indoor thermal environment, air quality, mold, etc. were measured as indicators on the living environment, and circulatory function, respiratory function, etc. were measured as health indicators, and data from a questionnaire survey on housing performance and personal attributes were obtained. Based on the analysis of 231 people (132 households) surveyed in 2020, residents of houses with large daily range of bedroom room temperature in winter and houses with high concentration of indoor chemical Styrene had high blood pressure. It was also shown that residents living in houses with high concentration of  $\alpha$ -Pinene, which is a component of woody scent, may maintain good respiratory function.

研究分野：公衆衛生学

キーワード：温熱環境 空気質 血圧 肺活量 実測調査

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

非感染性疾患 (NCDs; Non-Communicable Diseases) は年間 4,100 万もの命を奪う病であり、これは世界中の死の 71% に相当する。NCDs の内訳は 循環器疾患 (脳血管疾患・心疾患)、がん、呼吸器疾患が上位を占め、予防に向けて 喫煙、不摂生な食事、運動不足、過剰な飲酒への対策が打たれている。日本でも厚労省が主導する健康日本 21 (第二次) の中で、NCDs 予防に向けて生活習慣改善を主軸に据えている。しかし生活習慣改善は個人の努力に依る所が大きいと、近年、生活環境改善、特に人が最も長時間を過ごす住環境が注目されている。

WHO が 2018 年に発行した「Housing and health guidelines」では、温熱環境による循環器・呼吸器疾患への影響を体系的にレビューし、寒さ対策を勧告している。更に WHO/Europe が 2019 年に発行したレポート「NCDs and Air pollution」では、空気質は喫煙に次ぐ NCDs の危険因子とされ、循環器疾患・がん・呼吸器疾患と空気質の関連が示唆されている。

研究代表者らはこれまで住宅内の温熱環境と循環器疾患の関連について検証を行ってきたが、環境要因である「空気質」、及び健康指標としての「がん・呼吸器疾患」までを包括的に扱ったエビデンスは未だ少ない状況である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、住まいと NCDs の関連を、客観指標に基づき明らかにすることである。住まいと NCDs との関連を明らかにすることが最終目的であるが、NCDs の有病割合は小さく数千人規模の調査が必要となるため、その中間指標となる血圧や肺活量をアウトカムとする (図 1)。本研究で取得するデータは、今後 NCDs との関連を明らかにするための基盤とする。

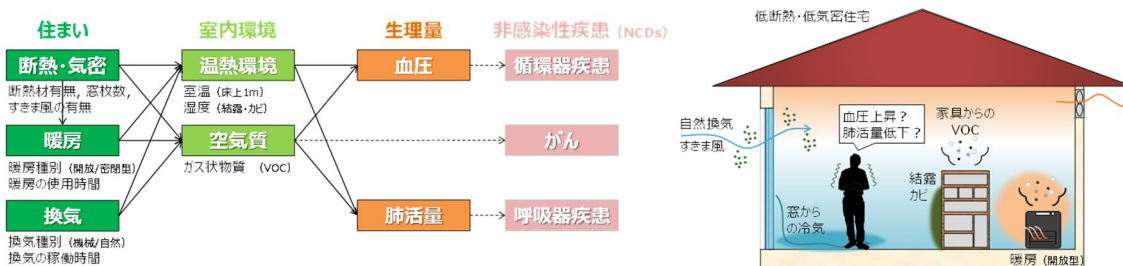


図 1 本研究の全体像

### 3. 研究の方法

2020 年 10 月～全国 132 世帯 231 名を対象に実態調査を行った。調査への組み入れ基準は、入院治療を必要とするような重篤な疾病を有していない者とした。除外基準は、調査時に妊娠している者、調査期間中に転居もしくは改修工事を実施した者、長期間家を不在にした者とした。

#### 3-1. アンケート

個人属性 (年齢、性別、身長、体重等) や生活習慣 (喫煙、食事、運動、飲酒)、健康状態 (循環器疾患、がん、呼吸器疾患による通院の有無) を含む生活習慣調査票、住宅の基本情報 (戸建/集合、構造、築年数等) や住まい方 (換気、冷暖房) を含む住宅属性調査票の 2 つを用いたアンケートを実施した。加えて、加湿器の使用有無とその方式、調理頻度、洗濯物の部屋干しの有無、窓開け換気や窓サッシ部の掃除頻度等を含む空気質調査票による追加アンケートを行った。

#### 3-2. 環境実測

自宅の温熱環境の指標として、2020 年 10 月～、居間、寝室、脱衣所の 3 室の温湿度を KT-255U (藤田電機製作所) を用いて、床上 1.1m の高さにて 20 分間隔で連続測定した。

自宅の空気質の把握のため、2021 年 2～3 月、VOCs サンプルングと真菌拭き取り調査を行った。VOCs サンプルングは真菌から放出される MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) を含む VOC を対象に行い、分子拡散型サンプラーを用いた。サンプラーは VOC-TD (Sigma Aldrich Japan)、DNPH パッシブガスチューブ (SIBATA) を使用し、寝室で 24 時間測定した。真菌拭き取り調査は、Pro-media ST-25 (ELMEX) を用いて、寝室の窓パッキン部分 (室内側、下部) を 20cm 拭き取った。

VOC-TD で捕集した VOC は、ガスクロマトグラフ質量分析計 GC/MS (Shimadzu) で分析した。DNPH パッシブガスチューブで捕集したアルデヒド類やケトン類は、高速液体クロマトグラフ HPLC (Shimadzu) を用いて分析した。Pro-media ST-25 で拭き取った真菌は、培養によりコロニー数 (CFU, Colony Forming Unit) をカウントした。真菌の培養は、PDA (Potato Dextrose Agar) と DG-18 (Dichloran 18% Glycerol Agar) 寒天培地を使用し、25℃ 環境下で 7 日間行い、菌の属までを目視で同定した。

#### 3-3. 健康実測

生理量のうち血圧は、医用電子血圧計 AVE-1500 PASESA (志成データム) を用いてオシロメトリック法により測定した。座位で安静状態を保った後、上腕に巻いたカフを加圧して測定した。

肺機能については、スパイロシフト SP-390Rhino(フクダ電子)を用いて座位にて測定した。本測定は、フィルターを啜えた後、ノーズクリップで鼻からの空気漏れを防いだ状態で実施した。検査は普段通りの呼吸の後、息を限界まで吸い、力強く吐ききるという手順にて実施した。

上記の測定は、調査対象者に集会場等に参集して頂いた際に各1回測定を行った。

#### 4. 研究成果

##### 4-1. 室内環境の基礎集計

###### (1) 温熱環境

気象庁の定義に基づき夏(6~8月)、冬(12~2月)のデータを抽出し、129世帯の各部屋の温湿度の平均値を算出した結果を表1に示す。夏は3部屋の温度にほとんど差が認められず、標準偏差も小さかった一方で、冬は居間と寝室・脱衣所の間で2程度の温度差が認められた。また、標準偏差も夏に比して大きかったことから、様々な温度レベルを有する住宅が存在した。

表1 各部屋の温湿度の測定結果

	居間		寝室		脱衣所	
	夏	冬	夏	冬	夏	冬
温度 [ ]	26.3 ±1.2	20.4 ±2.1	26.5 ±1.4	18.2 ±3.0	26.4 ±1.4	18.2 ±3.3
相対湿度 [%]	68.9 ±5.4	43.9 ±8.2	69.3 ±5.7	51.4 ±10.0	72.4 ±6.8	53.4 ±11.3

###### (2) 空気質

厚生労働省の室内空气中化学物質の室内濃度指針値の対象物質に含まれる物質にMVOC等を加えた、計22物質の基礎集計結果を表2に示す。ほとんどの物質について、指針値を超過する世帯は存在しなかったが、Acetaldehydeは有効サンプル126世帯中32世帯(25.4%)で指針値である48 µg/m<sup>3</sup>を上回った。また木材が発生源となり、木の香り成分とされるα-PineneやD-Limoneneも多く世帯で検出された。

PDA寒天培地で7日間培養した真菌は126世帯中101世帯(80.2%)で検出された。真菌数について、検出限界値(20 CFU)未満の世帯を含めた中央値は400 CFUであった。

##### 4-2. 生理量の基礎集計

###### (1) 血圧

血圧の測定結果を表3に示す。収縮期/拡張期血圧とも、日本高血圧学会が提示する高血圧基準である140/90 mmHgを下回り、平均的には血圧が良好な集団であった。収縮期血圧が140 mmHgを上回る居住者は、231名中65名(28.1%)であり、令和元年国民健康・栄養調査の27.0%と近い値を示したことから、血圧の観点からは一般的な集団であったと考えられる。

###### (2) 肺機能

肺機能の測定結果を表3に示す。身長と年齢から予測される努力肺活量予測値3.5Lと実測値3.6Lが近い値となったことから肺機能の観点からも一般的な集団であったと考えられる。肺機能の正常判定に使用される2つの指標を見てみると、%努力肺活量(=努力肺活量/努力肺活量予測値×100)は基準である80%以上、一秒率(一秒量/努力肺活量×100)も基準である70%を上回っていたため、集団平均としては良好な肺機能を有していたと言える。以降の分析では、室内環境と血圧・肺機能の関連について検討を行う。

表2 寝室(冬)のVOCsの測定結果

化学物質名	Ave	±	SD
Formaldehyde	[µg/m <sup>3</sup> ]	12.1	± 7.8
Acetaldehyde	[µg/m <sup>3</sup> ]	43.2	± 73.4
Toluene	[µg/m <sup>3</sup> ]	6.8	± 5.6
Xylene	[µg/m <sup>3</sup> ]	8.2	± 16.7
Ethylbenzene	[µg/m <sup>3</sup> ]	5.0	± 9.7
Styrene	[µg/m <sup>3</sup> ]	2.1	± 5.3
p-dichlorobenzene	[µg/m <sup>3</sup> ]	6.1	± 20.7
Tetradecane	[µg/m <sup>3</sup> ]	19.9	± 34.8
Acetone	[µg/m <sup>3</sup> ]	14.1	± 8.4
2-Ethyl-1-hexanol	[µg/m <sup>3</sup> ]	4.1	± 5.4
Ethyl acetate	[µg/m <sup>3</sup> ]	1.1	± 1.5
2-Hexanone	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.2	± 0.2
3-Methyl-1-butanol	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.3	± 0.5
1-Octene	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.2	± 0.2
2-Heptanone	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.5	± 1.0
2-Pentanone	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.4	± 0.4
2-Methyl-1-propanol	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.1	± 0.2
1-Butanol	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.6	± 0.7
Methyl Isobutyl Ketone	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.5	± 1.5
Acetic acid	[µg/m <sup>3</sup> ]	0.4	± 0.5
α-Pinene	[µg/m <sup>3</sup> ]	6.1	± 8.9
D-Limonene	[µg/m <sup>3</sup> ]	29.7	± 27.8

表3 居住者の生理量の測定結果

生理量	Ave	±	SD
収縮期血圧	[mmHg]	129	± 22
拡張期血圧	[mmHg]	79	± 15
脈拍	[bpm]	68	± 10
肺年齢	[歳]	53.7	± 18.6
努力肺活量予測値	[L]	3.5	± 0.8
努力肺活量	[L]	3.6	± 0.9
%努力肺活量	[%]	102	± 14
一秒量予測値	[L]	3.0	± 0.7
一秒量	[L]	2.8	± 0.8
%一秒量	[%]	95	± 15
一秒率	[%]	78	± 10
ピークフロー	[L/s]	5.9	± 2.5

#### 4 - 3 . 室内環境と生理量の関連

室内環境と生理量の関連の相関分析を行った。調査対象者の平均年齢は 48.9 歳であり、壮年・中年期の有職者が多かったことから、温熱環境の指標としては対象者が自宅で最も長い時間を過ごす寝室の値を用いた。また室温の指標として、冬の平均室温 (Ave)、冬の室温のパラツキ (SD)、冬の室温の日較差 (1 日の中の最大値と最小値の差) の 3 つを使用した。5%水準で有意な関連が認められた変数について、結果を表 4 に示す。

冬の室温の日較差について、収縮期血圧との有意な相関が認められた。空気質の指標について見てみると、Formaldehyde は循環器側の指標(血圧・脈拍)との間に有意な関連が認められた。木の香り成分であり、リラックス効果があるとされる  $\alpha$ -Pinene が高濃度の世帯の居住者は、収縮期血圧が低いという有意な関連を示した。また肺機能の指標との間にも、多くの有意な相関が見られた。

表 4 室内環境と生理量の相関分析結果 (R: 相関係数、p: 有意確率)

室内環境	生理量	収縮期 血圧	拡張期 血圧	脈拍	肺年齢	一秒量	一秒率	ピーク フロー
冬の寝室室温日較差 [ ]	R	0.134	0.107	0.043	0.019	-0.073	0.000	-0.018
	p	0.044	0.108	0.519	0.770	0.273	0.996	0.790
Formaldehyde [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	R	0.205	0.159	0.134	0.103	-0.035	-0.063	-0.012
	p	0.002	0.018	0.045	0.126	0.607	0.351	0.864
Toluene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	R	0.063	0.077	0.030	0.113	-0.034	-0.017	0.139
	p	0.346	0.255	0.661	0.092	0.614	0.796	0.038
Styrene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	R	0.161	0.116	0.097	0.065	-0.112	-0.004	-0.084
	p	0.016	0.083	0.147	0.336	0.094	0.948	0.209
p-dichlorobenzene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	R	-0.004	0.003	-0.045	0.110	-0.057	-0.007	0.048
	p	0.957	0.962	0.507	0.102	0.397	0.920	0.471
$\alpha$ -Pinene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	R	-0.149	-0.058	0.049	-0.160	0.154	0.145	0.191
	p	0.026	0.392	0.466	0.017	0.022	0.030	0.004

上記の相関分析では、個人属性や生活習慣といった他の要因の影響を除外できていないため、影響要因を調整変数として含んだ重回帰分析を実施した。目的変数は生理量の各指標とし、説明変数は室内環境の指標としてステップワイズ法にて変数の選択を行った。また年齢、性別、BMI (Body Mass Index) といった個人属性、現在の喫煙有無、飲酒有無、食生活 (野菜および果物摂取頻度)、運動 (普段の歩行の有無) といった生活習慣の調整変数は、強制投入法により全てのモデルに一律で投入した。ステップワイズ法にて室内環境の変数が抽出された結果について表 5 に示す。

循環器側の指標は冬の寝室室温の日較差との間に有意な関連が認められ、冬の日内の室温変動の大きい対象者ほど、血圧が高いという結果であった。これは室温が安定しない性能の低い住宅に住んでいることで血管に負担が生じている可能性がある。同様に室内化学物質のうち Styrene の濃度が高い住宅の居住者は血圧が高かった。肺機能については、気道閉塞の程度を客観的に把握し、喘息等の指標となるピークフロー (最大呼気流量) と  $\alpha$ -Pinene の間に正の関連が認められた。すなわち、 $\alpha$ -Pinene が高い住宅に住んでいる居住者は呼吸機能が良好に保たれる可能性がある。

表 5 室内環境と生理量の重回帰分析結果 ( $\beta$ : 偏回帰係数、CI: 信頼区間、p: 有意確率)

目的変数	説明変数	Adjusted		
		$\beta$	(95%CI)	p
収縮期血圧 [mmHg]	冬の寝室室温日較差 [ ]	1.836	(0.305, 3.366)	0.019
	Formaldehyde [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.305	(-0.046, 0.657)	0.088
	Styrene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.341	(0.016, 0.666)	0.040
拡張期血圧 [mmHg]	冬の寝室室温日較差 [ ]	1.382	(0.306, 2.459)	0.012
	Styrene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.227	(0.003, 0.451)	0.047
ピークフロー [L/s]	$\alpha$ -Pinene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0.041	(0.008, 0.073)	0.015

調整変数: 年齢、性別、BMI・現在の喫煙有無、飲酒有無、野菜摂取頻度、果物摂取頻度、普段の歩行の有無

#### 4 - 4 . 今後の展望

2021 年度の冬に新たに 95 世帯を追加し、現在も調査を継続している。本研究は前述の通り、最終目標である NCDs との関連を明らかにするための基盤を確立するといった目的も包含している。従って、今後もサンプル数の拡充を続け、より詳細な分析を行うことができるデータ数に達した段階で学会発表等を進める計画である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------