

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01493

研究課題名（和文）乾燥感は住宅の健康リスク要因になるのか？

研究課題名（英文）Is the perception of indoor dryness health risk factors？

研究代表者

長谷川 兼一（Hasegawa, Kenichi）

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：50293494

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、疫学的なアプローチにより、乾燥感という心理反応を介して健康影響に至る因果構造モデルを構築し、健康リスク低減に資する住環境整備手法を提示することを目的とする。本研究により次のことがわかった。アンケート調査と被験者実験より、熱的に中立に近い環境では室内空気質が、熱的に非中立に近い環境では低湿度が乾燥感に及ぼす影響が大きくなる可能性がある。共分散構造分析より、本研究で提案した乾燥感の程度を評価する指標を用いれば、乾燥感を原因とするシックハウス症状を適切に評価でき、さらに評価項目に対応した対策を講じることにより症状を低減できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

住宅の室内環境上の問題点とされている乾燥感には、複合的な居住環境要因が関与しているとすれば、単に加湿するのみでは十分な対策にはならない。むしろ、加湿をすることにより結露やカビの発生が懸念される。本研究を通じて、例えば、加湿器・空気清浄機の導入、室内の掃除、換気設備を整える等を講じることにより、シックハウス症状を低減できる可能性があることが示された。本研究で構築した因果構造モデルは、居住環境全体を見据えた有効な対応策が提示することができ、たいへん意義深い。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to construct a causal structure model that leads to health effects of sick house syndrome via the psychological response of dryness perception, using an epidemiological approach, and to finally propose indoor environment improvement method that contributes to health risk reduction.

The following findings were obtained from this study. (1) From the questionnaire survey and subject experiment, it is possible that indoor air quality has a greater effect on dryness perception in a thermally neutral environment, and low humidity has a greater effect on dryness perception in a thermally non-neutral environment. (2) From the analysis of covariance structure, sick house symptom associated with dryness perception can be appropriately evaluated by using the index to evaluate the degree of dryness perception proposed in this study, and sick house symptom can be reduced by taking countermeasures corresponding to the evaluation items in this analyzed model.

研究分野：建築環境学

キーワード：乾燥感 室内環境 シックハウス症状 暴露環境の評価 ドライネスとダンプネス

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

住宅内の低湿度な環境は冬季に発生しやすく、皮膚や目などの乾燥、静電気の発生などの乾燥への課題が指摘されている。一方で、心理反応である乾燥感も住宅内における乾燥の問題として挙げられるが、乾燥感を知覚する部位や環境条件は不明確である。さらに、乾燥感をもたらす曝露環境が原因となり、シックハウス症状に影響しているか否かの知見も少ない。

乾燥感に関する先行研究では、高田 は、相対湿度 30% に比べ 10% で乾燥感の申告が増えることや、乾燥感の生起には湿度以外にも温度や気流の影響も無視できないことを指摘している。さらに、温熱環境にも着目すると、深井ら が実施した被験者実験では、熱的中立付近において相対湿度 10% でも乾燥感が知覚されないこと、田辺ら は、熱的中立に近い SET* 一定の環境では、湿度が温冷感などの心理量に及ぼす影響は小さいとしている。暖房時の温熱環境は、必ずしも熱的中立に近い環境が維持されている訳ではないため、乾燥感を評価する際には、同時に温熱環境にも注目する必要がある。また、乾燥感が人の健康に影響を及ぼすのであれば、その状態を評価する指標を構築することは意義あるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、心理的な反応である乾燥感を介してシックハウス症状に至る因果構造モデルを構築し、症状の低減に資する知見を得ることを目的として、以下に取り組んだ。まず、アンケート調査より、冬季の住宅内における乾燥感や乾燥に関連するシックハウス症状の実態を把握し、乾燥感の程度を評価する指標を提案する。さらに、実測調査より、乾燥感と室内曝露環境との関連性を明らかにし、被験者実験より、湿度変化が心理反応や生理反応に及ぼす影響について検証する。以上の調査・実験をもとに、乾燥感とシックハウス症状に関する因果構造モデルを構築する。

3. 研究の方法

調査はインターネットを介した WEB 調査(アンケートと実測)とし、その他、後述する被験者実験を行った。WEB 調査では、対象に見合う世帯として、20~79 歳、戸建住宅または集合住宅に居住する世帯、家族世帯、にコントロールするため、事前調査を行った。

アンケート調査は、八地方区分に従い対象地域を 8 地方とし、2022 年 1 月 13 日~17 日の 5 日間実施した。表 1 にアンケート調査の対象地域、有効回答数を示す。また、表 2 にアンケート調査の質問項目を示す。有効回答数は 2,614 件(回収率 67.5%)であった。

実測調査は、アンケート調査の回答世帯の中から抽出した東北地方と関東地方、山梨県の住宅 126 世帯を対象とした。調査は 2022 年 1 月 28 日~2 月 3 日、3 月 2 日~8 日の 2 回に分けて実施した。表 1 に実測調査の対象地域、各測定データ数を示す。期間中の居間と寝室の温湿度を自動計測すると同時に、両室の化学物質濃度をパッシブ法により測定した。調査開始時に温湿度計とパッシブサンプラーを郵送し、マニュアルに従って居住者自ら設置・回収するよう依頼した。データの記録間隔は、室内温湿度は 10 分間隔、アルデヒド類の採取は調査期間内の任意の 24 時間とした。

表 1 アンケート調査・実測調査の対象地域、サンプル数

調査地域	アンケート調査 有効 回答数	実測調査			
		温湿度		化学物質濃度	
		居間	寝室	居間	寝室
北海道	115				
東北	188	23	23	23	23
関東	953	98	97	85	87
中部	414	3	3	3	3
近畿	472				
中国	151				
四国	69				
九州	252				
合計	2,614	124	123	91	93

表 2 アンケート調査の質問項目

質問の種類	質問項目
居住者特性	性別、年齢、職業、既往症の有無、喫煙、ストレス、食生活
建物特性	築年数、周辺状況、仕上げ材(床/壁/天井)、窓の構成
設備	暖房器具の種類、換気設備の種類
冬季の 住まい方と室内環境	暖房・換気時間、加湿器使用の有無、加湿場所・加湿時間 加湿・除湿行為、団らん時の服装、結露発生頻度・発生状況 カビ・カビ臭の発生場所
冬季の 室内環境の感じ方	起床時/団らん時の温冷感、適温感、乾湿感、乾湿感受容度、 臭気感、静電気の発生頻度、空気の汚れの感じ方
問題意識	室内空気の乾燥に対する問題意識の有無、具体的な健康被害
冬季の自覚症状	目/鼻/気道・喉/皮膚症状の頻度、通院の有無、原因

4. 研究成果

(1) アンケート調査の結果、冬季に居間と寝室で乾燥を感じている世帯は全体の 63.5% であった。また、目、鼻、気道・喉、皮膚に関する何らかのシックハウス症状を自覚している居住者は全体の 91.4% であり、さらに、部位ごとに 10% 近くは、乾燥を原因とする症状を理由に通院経験があることから、乾燥が健康に影響していると推察される。

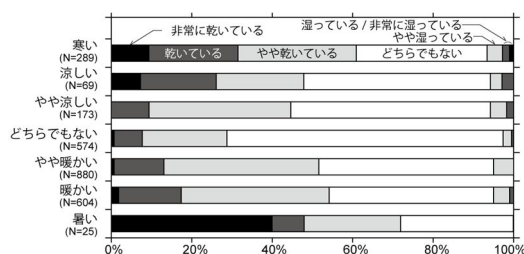


図1 温冷感と乾湿感の関係

(2) 図 1 に温冷感と乾湿感の関係を示す。温冷感が「どちらでもない」の場合、乾燥側の申告割合は 28.7%と最も低く、「寒い」「暑い」側に向かうにつれて、乾燥側の申告割合が高くなる傾向が見られる。アンケート調査に基づく結果であるため、回答者の曝露環境が統一されている訳ではないものの、実際の居住環境においては曝露されている温熱環境が乾燥感に影響を及ぼしている可能性が窺える。

(3) 乾燥感とシックハウス症状の関連性を段階的に評価するために、アンケート調査の結果を用いて「乾燥感の程度を評価する指標」を提案する。表 3 に示す、「静電気の発生頻度(4.5 点満点)」、「空気の汚れの感じ方(4.5 点満点)」、「臭気感(3 点満点)」、「室内空気の乾燥に対する問題意識(3 点満点)」を評価項目^注とした。これらの項目は、乾燥感には、「静電気」や「空気の感じ方」、「臭気」が影響するという指摘や、本調査のクロス集計や統計分析の結果より、乾燥感とこれらの項目との間に有意な関連性が確認できたことを考慮して、評価項目とした。

図 2 にアンケート調査での指標の集計結果を熱的中立群(N=1,627) 非熱的中立群(N=987)に分類して示す^注。なお、指標は四分位数に習い 4 段階に分類している。両群ともに「3 点」の割合が最も高く、さらに点数が高くなるにつれて割合が低下していることが確認できる。

(4) 指標を用いて、乾燥感とシックハウス症状の関連性を検討する。分析には、ロジスティック回帰分析を用いた。各部位における乾燥に対するシックハウス症状^注を従属変数、居住者特性や指標を独立変数として、交絡を考慮した上で調整オッズ比(AOR)を算出した。なお、熱的中立群、非熱的中立群のそれぞれに分けて分析した。

表 4 に示す目の乾燥を原因とするシックハウス症状では、両群において「ランク 3」、「ランク 4」が有意であり、ランクが高くなるほど有意な関連性が見られる。他の部位においても同様の傾向が見られたことから、乾燥感の程度を評価する指標と乾燥を原因とするシックハウス症状との間に関連性が確認できる。

(5) 指標と室内曝露環境の関連性を確認するため、実測調査の結果を用いて、Kruskal-Wallis 検定により 4 群間の差を比較した。図 3 に指標と団らん時の室内温湿度、ホルムアルデヒド濃度の関係を熱的中立群、非熱的中立群に分けて示す。

検定の結果、ホルムアルデヒド濃度(図 3(d))の熱的中立群において、「ランク 1」に比べ「ランク 3」が有意に濃度が高い傾向(p<0.05)が見られる。一方、相対湿度(図 3(b))や絶対湿度(図 3(c))の非熱的中立群では、ランクが高いほど中央値や最小値が低い傾向が見られる。以上より、熱的に中立に近い環境では化学物質などの室内空気質が、熱的に非中立に近い環境では低湿度が乾燥感に及ぼす影響が大きくなる可能性が示唆される。

(6) 室内湿度の変化が心理反応や生理反応にどのような影響を及ぼすのか明らかにするため、被験者実験を行った。

被験者は、非喫煙者の健康な 19~22 歳の男性 6 名、女性 3 名である。実験は 2023 年 10 月

表 3 乾燥感の程度の評価指標の項目と評価方法

(1) 室内での静電気の発生頻度 [0 点, 1.5 点, 3 点, 4.5 点] 「全く発生しない」~「ほとんど毎日発生する」までの頻度により評価
(2) 室内での空気の汚れの感じ方 [0 点, 1.5 点, 3 点, 4.5 点] 「全く感じない」~「ほとんど毎日感じる」までの感じ方の程度により評価
(3) 室内で感じている臭気 [0 点, 1 点, 2 点, 3 点] 7 種類の臭気のうち、室内で感じている臭気の数により評価
(4) 室内空気の乾燥に対する問題意識の有無・理由 [0 点, 1 点, 2 点, 3 点] 室内空気の乾燥に対する問題意識の有無やその理由により評価

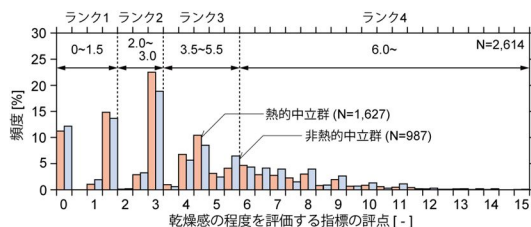


図 2 指標の評点分布(熱的中立群・非熱的中立群)

表 4 目の乾燥を原因とする SHS の分析結果

要因	調整オッズ比(95%信頼区間)			
	度数	熱的中立群(N=296)	度数	非熱的中立群(N=22)
目に関する既往症の有無				
既往症無し	240	1.00	168	1.00
既往症有り	56	3.06 (1.59-5.87)**	53	3.82 (1.83-7.95)*
ストレスの感じやすさ				
感じにくい	100	1.00	70	1.00
感じやすい	196	2.19 (1.12-4.30)*	151	1.30 (0.58-2.91)
乾燥感の程度を評価する指標				
ランク1	59	1.00	60	1.00
ランク2	79	1.89 (0.67-5.32)	52	0.68 (0.21-2.06)
ランク3	71	5.82 (2.15-15.8)**	43	3.31 (1.25-8.76)*
ランク4	87	12.7 (4.75-33.9)***	66	8.39 (3.34-21.1)*
p for trend		p=0.000***		p=0.000***

交絡要因: 性別, 年代, 喫煙状況
熱的中立群: HosmerとLemeshowの検定: p=0.000***
非熱的中立群: HosmerとLemeshowの検定: p=0.000***

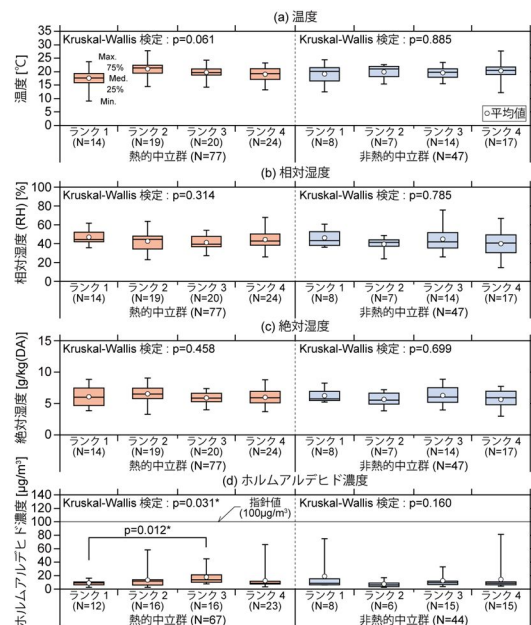


図 3 指標と室内曝露環境の関係

～12月に本学の空調試験室2室で行った。環境条件は、曝露されている温熱環境にも着目し、熱的中立条件として室温25℃、50%・20%、非熱的中立条件として室温22℃、50%・20%の4条件を設定した。

図4に実験手順を示す。被験者は試験室1(25℃、50%)に60分間滞在し、その後、試験室2に120分間滞在した。実験中、被験者はDVD鑑賞し、30分おきに主観申告、口腔内水分量、皮膚水分量、皮膚温度を測定した。また、実験時の服装を0.65cloで揃えた。

(7) 心理・生理反応の条件間の差を比較するため、Friedman検定を行った。図5に目と口腔内の乾湿感、図6に口腔内水分量と頬の皮膚水分量の経時変化を示す^注。

目の乾湿感(図5(a))は、曝露後90分で有意差が認められ、試験室2滞在時に非中立20%条件で乾燥感が申告されている。口腔内の乾湿感(図5(b))においても、曝露後60分、90分で有意差が認められ、非中立20%条件で乾燥感が強まり、実測調査と同様の結果が得られた。

口腔内水分量(図6(a))と頬の皮膚水分量(図6(b))は、試験室2滞在時に中立20%条件と非中立20%条件で低下する傾向が見られる。一方、被験者は口腔内の乾燥感を強くは申告していない。低湿度環境への曝露が長時間となる場合、居住者は口腔内の乾燥を知覚しないまま、口腔内が乾燥状態になってしまう可能性が懸念される。

指標の評価項目として「臭気感」が妥当かを確認するため、におい検査^注を実施した。図7ににおい検査の結果を示す。低湿度環境では臭気強度が高くなる傾向が示された。しかしながら、本実験からは臭気強度と乾燥感との関係を見出すことはできず、今後の課題である。

(8) 乾燥感とシックハウス症状に関する因果構造モデルを構築する。分析には、仮説の因果関係を統計的に検証し、その関係の強さや各変数の影響度を把握することが可能な共分散構造分析を用いた。分析では、指標により評価した乾燥感と主観評価である乾燥感のどちらがシックハウス症状へ及ぼす影響が大きいかを比較する。乾燥感などの直接観測できない変数は潜在変数とし、潜在変数に影響を及ぼす観測変数はアンケート調査の結果を用い、乾燥感とシックハウス症状に関する因果構造モデルを構築した^注。なお、熱的中立群、非熱的中立群それぞれに分けて分析した。

(9) 図8に分析結果を示す。モデルは、パス係数が全て有意であり、適合度指標も良好である。

分析結果より、『シックハウス症状』(以下、『』は潜在変数を示す。)の決定係数が両群ともに0.59であるため、このモデルでは乾燥を原因とするシックハウス症状を59%説明できる。『乾燥感』からの影響度は、両群ともに0.15であり、『乾燥感の程度を評価する指標』からの影響度は熱的中立群では0.71、非熱的中立群では0.72であり、指標からの影響度が大きい。よって、乾燥感を原因とするシックハウス症状を評価する際には、乾燥に対する主観評価よりも、指標を用いる方が症状を適切に評価できる可能性がある。また、シックハウス症状対策として、指標の評価項目である「静電気の発生頻度」や「空気の汚れの感じ方」、「臭気感」、「室内空気の乾燥に対する問題意識」への対策、例えば、加湿器・空気清浄機の導入、室内の掃除、換気設備を整える等を講じることにより、シックハウス症状を低減できる可能性がある。

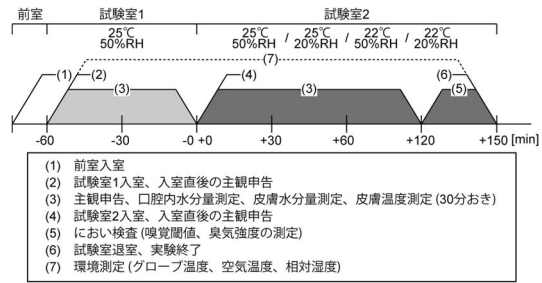


図4 被験者実験の手順

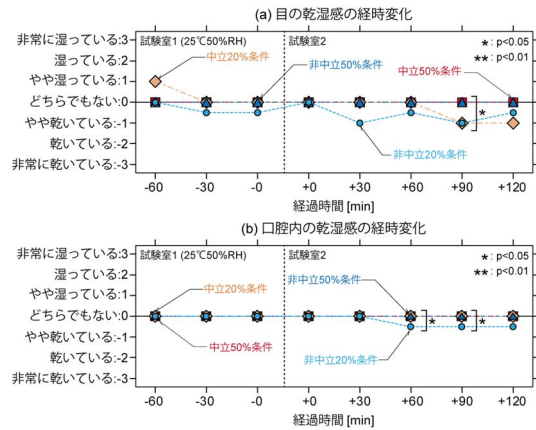


図5 目と口腔内の乾燥感の経時変化

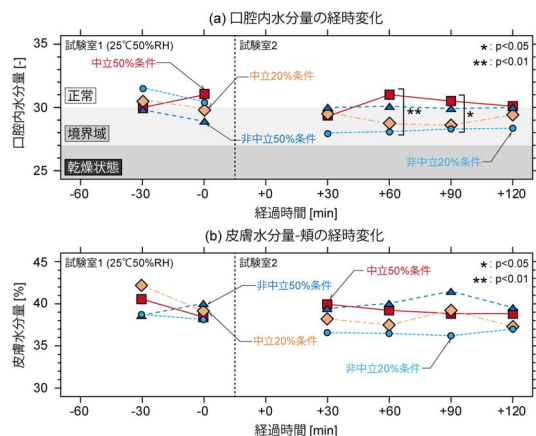


図6 口腔内水分量と頬の皮膚水分量の経時変化

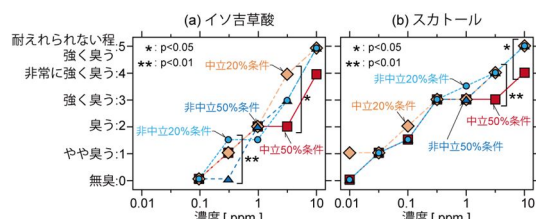


図7 各条件における臭気強度の測定結果

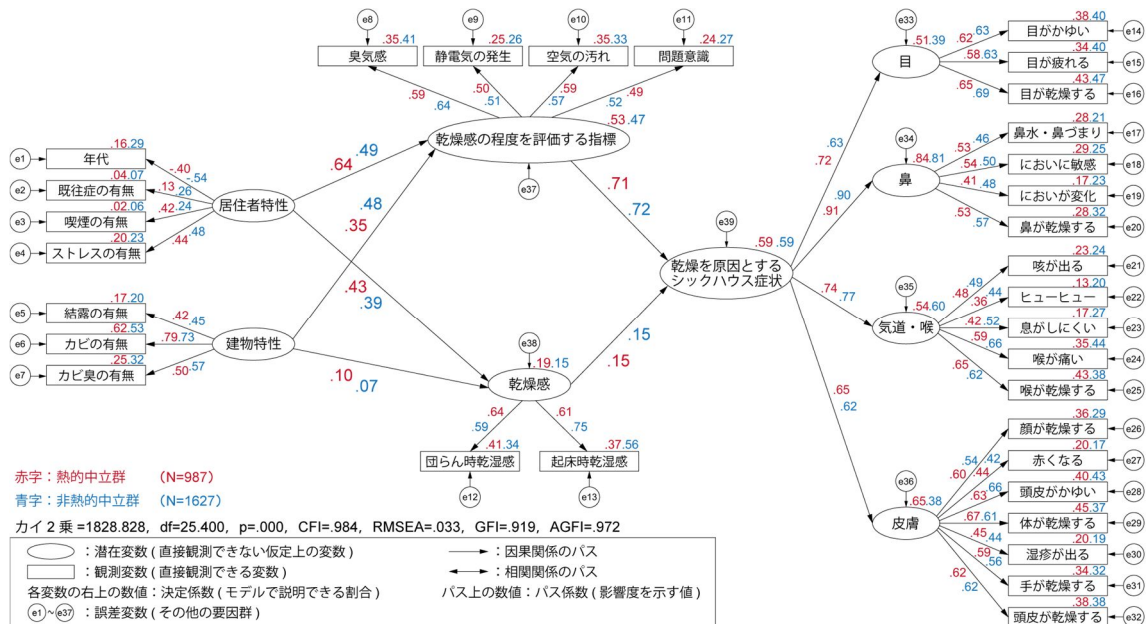


図8 乾燥感とシックハウス症状に関する因果構

< 注釈 >

階層分析法 (AHP 法) により、各評価項目の重みを算定した。
 居間の団らん時の温冷感申告において、「やや涼しい」「どちらでもない」「やや暖かい」と回答した居住者を熱的中立群とし、それら以外の回答をした居住者を非熱的中立群とした。各部位において、「症状を自覚していない居住者」と「何らかの症状を自覚し、室内空気の乾燥を原因としている居住者」を2値の従属変数とした。また、性別と年代、喫煙状況を交絡要因とし、強制投入法により分析した。
 代表値には、時間ごとの被験者9名の主観申告値・測定値の中央値を用いた。
 におい検査では、パネル選定用基準臭に採用されているイソ吉草酸とスカトールを用いて、5-2法により嗅覚閾値と臭気強度を測定した。
 モデルの採用は、適合度指標が最も良好で、全てのパス係数が有意 ($p < 0.05$) であることを条件とした。

< 参考文献 >

高田暁：室内湿度の下限値に関する研究 被験者実験による低湿度に対する心理反応の検討，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，第6巻，pp.305-308，2016.9。
 高田暁：乾燥感と室内温熱環境条件に関する基礎的研究，日本建築学会環境系論文集，第78巻，第693号，pp.835-840，2013.11。
 深井一夫，伊藤宏，佐々木真希：温熱的中立付近の環境における温熱感覚に及ぼす湿度の影響 その1 冬季被験者実験による検討，空気調和・衛生工学会学術講演論文集，pp1-4，1993.10。
 田辺新一，堤仁美，鈴木孝佳：オフィス空間における湿度が熱的快適性に与える影響に関する研究 第1報 空気温度・相対湿度の組合せによる温冷感の違い，空気調和・衛生工学会論文集，第31巻，第109号，pp1-9，2006.4。
 長谷川兼一，増田早也花，松本真一，竹内仁哉，松田賢：居住空間における冬季の乾燥感と健康に関する調査研究 乾燥感の因果構造モデルの基礎的検討，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，第7巻，pp.153-156，2021.9。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Park Sangin, Kagi Naoki, Umishio Wataru, Hasegawa Kenichi, Mitamura Teruaki, Tamura Jo	4. 巻 23
2. 論文標題 VOC concentrations in houses in Japan: correlations with housing characteristics and types of ventilation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 1~17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13467581.2024.2325463	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 J. Tamura, K. Hasegawa, N. Kagi, T. Mitamura, S. Matsumoto, J. Takeuchi
2. 発表標題 Perceived dryness in houses and adverse health effects during winter of Japan
3. 学会等名 IAQVEC（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川兼一，田村成，鍵直樹，三田村輝章，松本真一，竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究 その6 乾燥感とシックハウス症状の因果構造の検討
3. 学会等名 日本建築学会東北支部
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 田村成，長谷川兼一，鍵直樹，三田村輝章，松本真一，竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究 その5 熱的中立と非熱的中立に近い室内環境における乾燥の知覚と曝露環境との関連性の分析
3. 学会等名 人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村成, 長谷川兼一, 鍵直樹, 三田村輝章, 松本真一, 竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究, その4 熱的中立と非熱的中立に近い室内環境における乾燥を知覚する程度と健康影響の関連性の分析
3. 学会等名 室内環境学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川兼一, 田村成, 鍵直樹, 三田村輝章, 松本真一, 竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究 その3 熱的中立と非熱的中立に近い室内環境における乾燥の知覚
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村成, 長谷川兼一, 鍵直樹, 三田村輝章, 松本真一, 竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究 その2 乾燥を知覚する程度と室内温湿度・化学物質濃度との関連性の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村成, 長谷川兼一, 鍵直樹, 三田村輝章, 松本真一, 竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における低湿度環境が健康に及ぼす影響に関する研究 その1 東北・関東地方を対象とした実測調査の概要及び乾燥感と曝露環境との関連性の分析
3. 学会等名 日本建築学会東北支部
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村成, 長谷川兼一, 鍵直樹, 三田村輝章, 松本真一, 竹内仁哉
2. 発表標題 住宅における冬季の乾燥と健康影響に関するアンケート調査 AHP法による曝露環境指標の検討
3. 学会等名 室内環境学会学術大会
4. 発表年 2022年

〔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
研究分担者	三田村 輝章 (Mitamura Teruaki) (10406027)	前橋工科大学・工学部・准教授 (22303)	
研究分担者	鍵 直樹 (Kagi Naoki) (20345383)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	

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
---------	---------