

厚生労働行政推進調査事業費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
分担研究報告書

健康増進のための住環境についての研究
住宅における室内温湿度と健康の関連性についての既往の調査研究

研究分担者 長谷川 兼一 秋田県立大学システム科学技術学部 教授

研究要旨

住宅を取り巻く健康影響要因には多くの様相があるが、本研究では、熱環境、過乾燥とダンプネスと健康との関連性についての既往研究をレビューし、それぞれの環境要因が人の健康にどのように関わっているに着目して概説した。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 脳血管疾患を含む循環器系疾患の発症は、高血圧が危険因子の一つとされているが、家庭内での血圧変動には暴露温度の関与は無視できない。高齢者には 15℃以上の室温が望ましいとする知見があるが、最近の WHO によるガイドラインでは、循環器系や呼吸器系の疾患の発症率を低減させるためには、住宅内の室温を 18℃以上に維持することを推奨している。
- 2) 国土交通省が展開する「スマートウェルネス住宅等推進調査事業」により、居住者の血圧は部屋間の温度差が大きく、床近傍の室温が低い住宅で有意に高いことや、断熱改修後では、居住者の起床時の最高血圧が有意に低下していることなど、重環境整備に資する有益な知見が提示されている。
- 3) 住環境において知覚される乾燥感は、低湿度のみが影響している訳ではないといわれている。しかしながら、居住者の健康維持や建物へのダメージ軽減の観点から見ると、極端に湿度が低い環境を緩和することは意義あるといえる。低湿度な環境への暴露が健康に影響するという可能性が指摘されているが、どのような環境条件により乾燥感を申告し、健康影響に至るのかについての知見は少ない。
- 4) 住宅のダンプネスと喘息やアレルギー性鼻炎などの健康影響との関係に着目した先行研究は多く、ダンプネスが健康に影響する可能性が高い。湿度が高い状態(ダンプネス)が原因となり室内環境の汚染が生じるとすれば、汚染が防除できる湿度の範囲や閾値が存在する可能性がある。いずれにしても、現況ではダンプネスによる室内環境の汚染の全体像を示した知見は少ない。

A. 研究目的

日本人は一日のうち約 6 割の時間を住宅内で過ごすといわれている。その室内では建築内装仕上げや家具などから化学物質が放散され、また生活に伴って水蒸気が発生するため、気密性の高い住宅で適切に換気されていない場合には室内空気が汚染され、また結露が発生してカビやダニ等の微生物の繁殖を許すことになる。このような状態では、住まい手は化学物質や微生物のような健康を阻害する要因に絶えず曝露されて生活を送

ることになる。また、住宅内に大きな温度差のある空間が存在する場合には、その間を行き来する際に、住まい手に熱的なストレスを与えて血圧が変動し健康に影響を与えることになる。

WHO によれば健康とは、単に疾病または病弱の存在しないことではなく、肉体的にも、精神的にも、社会的にも、すべてが満たされた状態であると定義している。したがって、日常生活そのものが健全でなければならないが、日々の生活を営む器となる住宅は、住まい手が健康で快適に生活

できる環境を提供する必要がある。

どのような室内環境の要因が健康を阻害する可能性があり、どの程度の環境レベルを維持すべきかということ、科学的知見に基づいたエビデンスとして示すことは、健康で快適に暮らす上で、また適切な住宅を設計するために重要である。図-1に示すように、住宅を取り巻く健康影響要因¹⁾は様々あり、既に数多くの研究報告がなされている。本研究では、住宅の温湿度環境に着目し、ヒートショックの問題や湿気の問題として過乾燥とダンプネスの問題について、主に最近の調査研究の動向を把握することを目的にして、既往研究をレビューする。

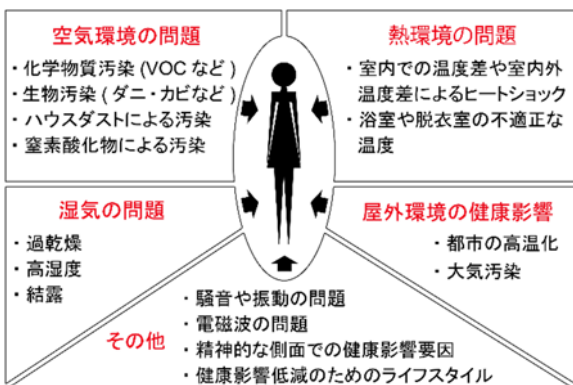


図-1 健康影響の原因となる各種要因

B. 研究方法

住宅の温湿度環境と健康との関連性を示唆している既往の調査研究を抽出するが、系統的なプロセスを経る手法は適用していない。住宅において、それぞれの環境要因が人の健康にどのように関わっているに着目して、概説することとする。

C. 研究結果および考察

C1. 熱環境に関する調査研究

脳卒中は高齢者の死亡原因において常に上位に位置しており、特に東北3県(岩手県、秋田県、山形県)ではその死亡率が高い^{注1)}。季節別にみると冬季に死亡率が高くなる²⁾といわれており、冬の寒さが大きく影響している。一方、北海道は東北地方よりも冬の寒さは厳しいにも関わらず、脳卒中の死亡率は全国平均程度である。よって、外

気温よりも室内温度による影響が大きいと推察される。

脳血管疾患を含む循環器系疾患の発症は、高血圧が危険因子の一つとされている^{例えば 3)}。早朝に心血管系疾患が覚醒起床後の午前中に集中して発症していることと早朝の血圧上昇との関連⁴⁾⁵⁾が注目されており、家庭内での血圧変動には暴露温度の関与は無視できない。寶澤ら⁶⁾は、福島県西会津町の住民を対象にした3年間の調査により血圧の季節的な変動を捉え、外気温が10℃以上の時には収縮期血圧が外気温の上昇とともに低下する傾向にあることを示した。外気温が10℃以下では、外気温1℃の低下につき収縮期血圧が0.06 mmHgのみ減少する程度と両者の関連性は希薄であり、外気よりも暖房された室内の影響が大きいといえる。伊香賀ら⁷⁾⁸⁾は、起床時の血圧に及ぼす室温の影響を明らかにするために高知県内の住民を対象に調査し、居間室温1℃は、収縮期血圧0.57mmHg、拡張期血圧0.50mmHgの変化をもたらすことを示した。Collinsら⁹⁾は高齢者と若年者の被験者に対して、室温6~15℃に2時間暴露した後の血圧上昇を観察し、高齢者には15℃以上の室温が望ましいとしている。一方、最近のWHOによるガイドライン¹⁰⁾では、循環器系や呼吸器系の疾患の発症率を低減させるためには、住宅内の室温を18℃以上に維持することを推奨している。

住宅では、居間と浴室、トイレの温度差が家庭内事故の一因といわれている。吉岡は¹¹⁾入浴中突然死の原因の一つに、浴室の寒さを挙げており、このような事故を防ぐために暖房環境の改善が必要としている。高崎ら¹²⁾は、秋田と大阪の高齢者世帯の住宅を対象に調査し、居間と浴室やトイレとの温度差が大きいと血圧が上昇することや、浴室やトイレの寒さには注意が払われない傾向にあることを示した。大中ら¹³⁾は浴室での溺死率が高い福岡県内の地区での住宅の特徴を分析し、築年数が少ない住宅や段差がない住宅の方が溺死率が低いことなどを示唆している。これらは、最近の住宅ほど保温性やバリアフリーへの配慮がなされていることを説明していると推察され

る。我が国では、北海道を除き大半の住宅が一室暖房型に分類でき、暖房室と非暖房室の温度差が大きくなり易い。そのような温熱環境では、居間から、脱衣所・トイレなどに移動した場合、大きな温度差に曝されることになるため血圧変動が生じ、これが、循環器系疾患の発症に強く関連していると推察される。ニュージーランドで実施された大規模な疫学調査¹⁴⁾のように、断熱改修による健康状態の改善効果を検証した研究事例や、断熱性能が高い住宅へ転居した後の各種疾患の有病率の低下を示す例¹⁵⁾が報告されている。これらの研究例のように、住宅の暖房環境を改善することによる健康リスクの低減が期待できるため、それらを裏付ける知見の蓄積は意義深い¹⁰⁾。

吉野ら¹⁶⁾は、1982年と1983年の冬に山形県郡部の住宅を対象として、脳卒中の発症と住環境との関連性についての疫学調査を実施し、住宅内の温度差の大きさなど冬の温熱環境の質が脳卒中死亡に影響している可能性を指摘した。この調査を踏まえ、住宅の断熱性能を高めることや便所・脱衣室の温度が極端に低くならないように簡易な暖房器具を設置するなどの改善策¹⁶⁾をまとめ、調査報告会、高血圧学級、健康際、広報の配布を通して町民に情報を提供した。その結果の変化を明らかにするために4年後に同じ住宅を対象として再度、調査を実施した。その結果、①便所での暖房使用率は7%から21%に増加、②居間での電気こたつの使用率が70%から53%に減少し密閉燃焼型石油ストーブの使用が37%から47%と増加したが、居間の室温の平均値は17.1°Cのまま変化がなく、寝室の室温は6.1°Cから7.3°Cにやや上昇したものの、寝室の室温は低いままであり、啓発活動の効果は期待されたほどには見られなかった¹⁷⁾。その後、これらの地域における室内環境に関する調査が実施¹⁸⁾されているが、住宅の温熱環境は過去の様子と類似しており、居間の暖房には、依然として開放型ストーブが多く世帯で使用されていることがわかった。脳卒中死亡率が高い地域の住環境の特徴として、室温が低い環境に曝されているにも関わらず、室内の寒さに対する意識が薄いことや、相対的に薄着で

あることなどが挙げられる。また、居間の隙間風を感じる割合が高いこと、従前から指摘されているように食習慣として、味噌汁に代表されるような塩分摂取の頻度が高いことなどが脳卒中死亡率の高い地域を特徴づけていることがわかった。

国土交通省は厚生労働省と連携し、2014年から「スマートウェルネス住宅等推進調査事業」に取り組み、住宅の断熱改修による温熱環境の改善が居住者の健康に与える効果を検証している。既にいくつかの知見が提示されており、主なものを以下に示す¹⁹⁾。①室温が年間を通じて安定している住宅では居住者の血圧の血圧差が顕著に小さい、②居住者の血圧は部屋間の温度差が大きく、床近傍の室温が低い住宅で有意に高い、③断熱改修後では、居住者の起床時の最高血圧が有意に低下している、④室温が低い家ではコレステロール値が基準範囲を超える人、心電図の異常所見がある人が有意に多い、⑤就寝前の室温が低い住宅ほど、過活動膀胱症状が有意に多いが、断熱改修後に就寝前居間雄室温が上昇した住宅では、過活動膀胱症状が有意に緩和する、⑥床近傍の室温が低い住宅ではさまざまな疾病・症状を有する人が有意に多い、⑦断熱改修に伴う室温上昇によって暖房習慣が変化した住宅では、住宅内身体活動時間が有意に増加する。

C2. 乾燥感に関する調査研究

住宅における低湿度な環境は冬季に発生しやすく、それは皮膚、喉、目、粘膜の乾燥感と関連^{20)~23)}している。栃原ら²⁴⁾は、男子大学生を対象に被験者実験を行い、室内温度が25°Cにおいて相対湿度20%以下では、鼻腔内の繊毛が乾燥して粘膜浄化作用が低下することを示した。また、同実験において目の乾燥をまばたき回数により定量化し、相対湿度が30%以下の環境で眼球粘膜が乾燥し、眼球に水分を供給する作用を持つまばたき回数が増加することを示している。三浦²⁵⁾は口腔粘膜の乾燥が絶対湿度によると論じている。また、口腔粘膜が乾燥する範囲²⁶⁾を温度と相対湿度にて示し、気温11.5°C以下であればいかなる湿度であっても乾燥が生じ、21°Cでは相対湿度54%以下で乾燥が生じるとしている。高田²⁷⁾は、乾燥

による不快感に着目した調査を実施し、対象の半数以上が冬期に不快感を抱いていることを示した。また、乾燥感の生起は気温や風速の影響も無視できないことを指摘した。一方、青木ら²⁸⁾が過度な乾燥状態がアトピー性皮膚炎の悪化の一因になることを指摘しているように、乾燥が居住者の健康に直接影響する場合や、Harper²⁹⁾³⁰⁾やShaman³¹⁾が示す通り、インフルエンザウィルス生存率を増加させる二次的な影響にも関与しているといわれている。

室内においてヒトが知覚する乾燥感、低湿度のみが影響している訳ではないといわれている^例（例えば³²⁾³³⁾。住宅における低湿度な環境や居住者の乾燥感と健康影響との関連性に関する国内での調査例として、東北地方の高断熱高気密住宅を対象としたアンケート調査および温湿度測定³⁴⁾では、全体の67%の住宅において、居住者は冬期の乾燥を申告していることが報告されている。また、長谷川ら³⁵⁾が北海道の住宅を対象として調査を行い、全体の55%が乾燥感を申告しその内の77%が乾燥を健康面で問題と捉え、築年時期が新しい住宅でより強く乾燥を感じていることを報告している。

空気の汚れと臭気を知覚する場合、乾燥による健康上の問題を申告する割合が高くなっている。J. Sundellら³⁶⁾は、乾燥感はシックハウス症状との間に有意な関連性があることを示唆するとともに、乾燥感や臭気の知覚が粘膜部位の症状や皮膚症状の申告と関連がある³⁷⁾ことを示している。

C3. ダンプネスに関する調査研究

住宅のダンプネス(高湿度環境)と喘息やアレルギー性鼻炎などの健康影響との関係に着目した先行研究は多い^例（例えば^{38)~40)}。WHOは2009年にダンプネスと真菌に関する室内環境ガイドライン⁴¹⁾をまとめ、その時点までのダンプネスに関連する知見を整理している。その上で、ダンプネスと健康影響との関連には解明されていない点があるもののダンプネスを無視できない室内環境上の問題としている。また、ASHRAEにおいてもダンプネス問題に対する立場を明確にするた

めに声明を出し、健康影響との関連性については不明な点が多いことを認めつつ、継続的な高湿度環境による微生物汚染を防除すべきであることに言及している⁴²⁾。

ダンプネスにより汚染された室内環境には真菌や化学物質などの具体的な曝露要因が存在し、それらが健康に影響するという因果関係が成立するものと仮定できる。しかしながら、多くの既往研究ではダンプネスの評価を、観察できる結露や真菌の発生などの有無を指標として、それらとの関連性を確認する場合が多い。すなわち、ダンプネスというものは室内環境の汚染を包括的に表現しているが、その室内環境の特徴が明らかにされている訳ではない。ダンプネスから健康に連鎖する因果構造は、図-2に示すように、真菌や化学物質などの発生による室内環境の汚染が介在していると考えられる。このような構造が明らかになれば、ダンプネスによる問題に対する建築的な防除策の構築につながると期待できる。特に、真菌の繁殖はダンプネスと関連が深く、居住者の健康にも影響する要因と考えられる⁴³⁾⁴⁴⁾。しかしながら、臨床調査の範囲では、室内の浮遊真菌と喘息やアレルギー症状との関連性は希薄なままであるため、真菌汚染が適切に捉えられるような解析方法や真菌種の特定に課題が残されている⁴⁵⁾。また、ダンプネスの室内環境の特徴として、室内の湿度が高いことが挙げられるが、湿度と喘息や呼吸器症状などとの関連性は明確ではない⁴⁶⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾。そもそも湿度が高いことが直接、症状に影響するとは考えにくい。図-2に示した通り、健康に影響する真菌などの環境要因が介在していると想定される。このような室内環境の汚染が生じた原因は、湿度が高い状態（すなわちダンプネス）であるとすれば、汚染が防除できる範囲や閾値が存在する可能性がある。いずれにしても、現況ではダンプネスによる室内環境の汚染の全体像を示した知見は極めて少ないといえる。

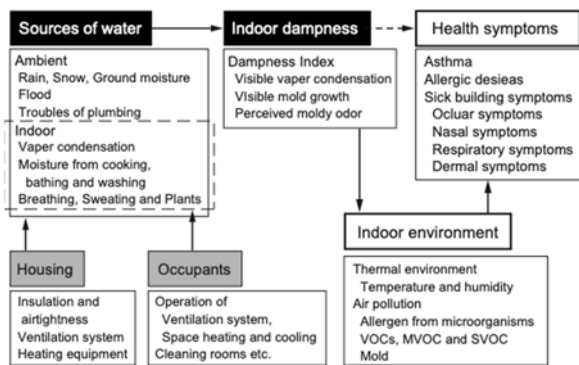


図-2 ダンプネスと健康影響の因果関係

D. まとめ

住宅を取り巻く健康影響要因には多くの様相があるが、本研究では、熱環境、過乾燥とダンプネスと健康との関連性についての既往研究をレビューして、それぞれの環境要因が人の健康にどのように関わっているに注目して概説した。その結果、以下のことがわかった。

- ①脳血管疾患を含む循環器系疾患の発症は、高血圧が危険因子の一つとされているが、家庭内での血圧変動には暴露温度の関与は無視できない。高齢者には 15℃以上の室温が望ましいとする知見があるが、最近の WHO によるガイドラインでは、循環器系や呼吸器系の疾患の発症率を低減させるためには、住宅内の室温を 18℃以上に維持することを推奨している。
- ②東北地方の調査では、脳卒中死亡率が高い地域の住環境の特徴として、室内の寒さに対する意識が薄いことや、相対的に薄着であること、味噌汁に代表されるような塩分摂取の頻度が高いことなどが挙げられている。国土交通省が展開する「スマートウェルネス住宅等推進調査事業」により、居住者の血圧は部屋間の温度差が大きく、床近傍の室温が低い住宅で有意に高いことや、断熱改修後では、居住者の起床時の最高血圧が有意に低下していることなど、重環境整備に資する有益な知見が提示されている。
- ③住環境において知覚される乾燥感は、低湿度のみが影響している訳ではないといわれている。しかしながら、居住者の健康維持や建物へのダメージ軽減の観点から見ると、極端に湿度が低い環境

を緩和することは意義あるといえる。低湿度な環境への暴露が健康に影響するという可能性が指摘されているが、どのような環境条件により乾燥感を申告し、健康影響に至るのかについての知見は少ない。

④住宅のダンプネスと喘息やアレルギー性鼻炎などの健康影響との関係に着目した先行研究は多く、ダンプネスが健康に影響する可能性が高いことが共有されている。湿度が高い状態(ダンプネス)が原因となり室内環境の汚染が生じるとすれば、汚染が防除できる湿度の範囲や閾値が存在する可能性がある。いずれにしても、現況ではダンプネスによる室内環境の汚染の全体像を示した知見は少ない。

<注>

- 1) 平成 29 年の厚生労働省による人口動態統計によると、脳血管疾患の死亡率は、1 位：秋田県(162.8 人/10 万人)、2 位：岩手県(155.6 人/10 万人)、3 位：山形県(143.5 人/10 万人)となっている。北海道の死亡率は 91.0 人/10 万人、全国平均は 88.2 人/10 万人である。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

<参考文献>

- 1) 吉野博, 長谷川兼一, 村上周三: 居住環境における健康維持増進に関する研究(その 3)健康影響要因に関する既往研究レビュー, 日本建築学会学術講演梗概集, D1, pp.1217-1218, 2008.9.
- 2) 羽山広文, 釜澤由紀, 斉藤雅也, 坂倉恵美子, 菊田弘輝, 村上智彦: 住環境の変化が身体へ与える影響の実態把握 その1 全国の疾患発生と住宅の建築時期・構造解析, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.539-542, 2011.7.
- 3) 鈴木 康子, 桑島 巖, 三谷 健一, 宮尾 益理子, 宇野 彩子, 松下 哲, 蔵本 築: 早朝高血圧における血圧変動と活動度, 日本老年医学会雑誌, 30 卷 10 号, pp.841-848, 1993.10.
- 4) Muller, JE., Ludmer, PL., Willich, SN., Tofler, GH., Aylmer, G., Klangos, I., Stone, PH. Circadian variation in the frequency of sudden cardiac death, *Circulation*, Vol 75, No. 1, pp.131-138, 1987.1.
- 5) 島田和幸, 山本啓二: 概日リズムと心血管系疾患, *心臓*, Vol. 32, No.12, pp.1001-1011, 2000.12.
- 6) Hozawa, A., Kuriyama, S., Shimazu, T., Ohmori-Matsuda, K., Tsuhu, I. Seasonal variation in home blood pressure measurements and relation to outside temperature in Japan, *Clinical and Experimental Hypertension*, Vol. 33, No. 3, pp.153-158, 2011.1.
- 7) 海塩渉, 伊香賀俊治, 大塚邦明, 安藤真太郎: 個人因子別の家庭血圧上昇量に関する分析-冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査-, 日本建築学会環境系論文集, 第 701 号, pp.571-577, 2014.7.
- 8) 海塩渉, 伊香賀俊治, 大塚邦明, 安藤真太郎: マルチレベルモデルに基づく室温による家庭血圧への影響-冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査(その 2)-, 日本建築学会環境系論文集, 第 715 号, pp.703-710, 2015.9.
- 9) Collins, KJ., Easton, JC., Belfield-Smith, H., Exton-Smith, AN., Pluck, RA. Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments, *Clinical Science*, Vol. 68, No. 4, pp.465-470, 1985.10.
- 10) WHO: WHO Housing and Health Guidelines, 2018.
- 11) 吉岡尚文: 秋田県における入浴中突然死の現状, 日本温泉気候物理医学会雑誌, 第 72 卷, 1 号, pp.31-35, 2008.11.
- 12) 高崎 裕治, 大中 忠勝, 栃原 裕, 永井 由美子, 伊藤 宏充, 吉竹 史郎: 冬期の浴室とトイレにおける寒冷暴露と高齢者の反応, *人間と生活環境*, 17 卷 2 号, pp.65-71, 2010.11.
- 13) 大中忠勝: 福岡県内の市町村別溺死の状況と生活環境との関係, *人間と生活環境*, 19 卷 1 号, pp.3-7, 2012.5.
- 14) Howden-Chapman, P., Matheson, A., Crane, J., Viggers, H., Cunningham, M., Blakely, T., Cunningham, C., Woodward, A., Saville-Smith, K., O'Dea, D., Kennedy, M., Baker, M., Waipara, N., Chapman, R., Davie, G. Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community, *BMJ*, Vol. 334, No. 7591, pp.460-464, 2007.3.
- 15) 伊香賀俊治, 江口里佳, 村上周三, 岩前篤, 星旦二, 水石仁, 川久保俊, 奥村公美: 健康維持がもたらす間接的便益(NEB)を考慮した住宅断熱の投資評価, 日本建築学会環境系論文集, 第 666 号, pp.735-740, 2011.8.
- 16) 長谷川房雄, 吉野博, 新井宏朋, 岩崎清, 赤林伸一, 菊田道宣: 脳卒中の発症と住環境との関係についての山形県郡部を対象とした調査研究, *日本公衆衛生雑誌*, 第 32 卷, 第 4 号, pp.181-193, 1985.4.
- 17) 吉野博, 新井宏朋, 岩崎清, 牧田一志, 宮崎英子: 積雪寒冷地の山形県八幡町における住宅の暖房実態と室温の 4 年後の変化, *日本公衆衛生雑誌*, 第 34 卷, 第 12 号, pp.774-

- 18) 長谷川兼一, 吉野 博, 後藤伴延: 脳卒中死亡に関連する住環境要因に関する調査研究—山形県郡部を対象としたアンケート調査—, 日本建築学会環境系論文集, Vol.768, pp.169-176, 2020.2.
- 19) 村上周三, 伊香賀俊治: 住環境と“健康日本21(第二次)”, 医学のあゆみ, Vol.271, No.10, 2019.12.
- 20) Toftum J, Jorgensen AS, Fanger PO. Upper limits of air humidity for preventing warm respiratory discomfort. *Energy and Buildings* 1998; 28: 15-23.
- 21) Toftum J, Jorgensen AS, Fanger PO. Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortable humid skin. *Energy and Buildings* 1998; 18: 1-13.
- 22) Reinikainen LM, Jaakkola JJK. Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms. *Indoor Air* 2003; 3(4):344-352.
- 23) Sato M, Fukayo S, Yano E. Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air. *Journal of Occupation Health* 2003; 45(2): 133-136.
- 24) 鮮于裕珍, 栃原裕, 唐木千岳, 松橋秀明: 低湿度が人間に与える影響の調査研究(その5): 生理反応からみた低湿度環境の許容値に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1677-1680, 2005.8.
- 25) 三浦豊彦: 湿度と健康, 労働科学, 第47巻1号, pp.1-11, 1971.
- 26) 三浦豊彦: 湿度と人間, 労働科学, 第54巻4号, pp.165-177, 1978.
- 27) 高田暁: 乾燥感と室内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, No.693, pp.835-840, 2013.11.
- 28) 青木 哲, 須藤千春, 水谷章夫, 大澤徹夫: 冬季の室内温湿度変動からみた温熱性能・環境: 一般住宅とアトピー性皮膚炎患者宅の比較, 日本建築学会環境系論文集, No.637, pp.305-314, 2009.3.
- 29) G. J. Harper. Airborne microorganisms: Survival tests with four viruses. *J. Hyg., Camb.* 59: 479-486. 1961.
- 30) G. J. Harper. The influence of environment on the survival of airborne virus particles in the laboratory, *Archives of Virology*, Volume 13, Numbers 1-3: 64-71, 1963.
- 31) Jeffrey Shaman and Melvin Kohn. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol.106, No.9: 3243-3248, 2009.
- 32) Peder Wolkoff: The mystery of dry indoor air - A overview, *Environmental International*, 121, pp.1058-1065, 2018.
- 33) Melanie M. Derby, Roger M. Pasch: Effects of low humidity on health, comfort and IEQ, *ASHRAE Journal*, September, pp.44-51, 2017.
- 34) 長谷川兼一, 吉野博: 高断熱高気密住宅における居住者の乾燥感に関する冬期調査, 日本建築学会計画系論文集, No.509, pp.91-96, 1998.7.
- 35) 長谷川雅浩, 福島明: 日常生活における乾燥感に関する研究, 北海道立北方建築総合研究所 調査研究報告, No.256, pp.1-16, 2010.3.
- 36) Jan Sundell and Thomas Lindvall: Indoor air humidity and sensation of dryness as risk indicators of SBS, *Indoor Air*, Vol. 3, Issue 4, pp. 382-390, 1993.12.
- 37) Juan Wang, Baizhan Li, Qin Yang, Wei Yu, Han Wang, Dan Norback, Jan Sundell: Odors and sensations of humidity and dryness in relation to sick building syndrome and home environment in Chongqing, China, *PLOS ONE*, August 2013, Vol. 8, Issue 8, pp.1-11, 2013.8.
- 38) Fisk, W.J, Lei-Gomez, Q. and Mendell, M.J.: Meta-analyses of the associations of

- respiratory health effects with dampness and mold in homes, *Indoor Air*, 17(4), pp.284-296, 2007.
- 39) C.G.Bornehag, J.Sundell, T.Sigsgaard: Dampness in buildings and health (DBH): Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden, *Indoor Air* 2004, 14, pp.59-66, 2004.
- 40) 金澤文子, 西條泰明, 田中正敏, 吉村健清, 力寿雄, 滝川智子, 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－, *日本衛生学雑誌*, pp.447-458, 2010.
- 41) WHO: WHO Guidelines for Indoor Air Quality; Dampness and Mould, 2009.
- 42) ASHRAE: ASHRAE Position Document on Limiting Indoor Mold and Dampness in Buildings, 2018.6.
- 43) Richard A. Sharpe, Nick Bearman, Christopher R. Thornton, Kerryn Husk, Nicholas J. Osborne: Indoor fungal diversity and asthma: A meta-analysis and systematic review of risk factors, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol.135(1), pp.110-122, 2015.1.
- 44) Mark J. Mendell and Rachel I. Adams: The challenge for microbial measurements in buildings, *Indoor Air*, Vol.29(4), pp.523-526, 2019.2.
- 45) C. Oshikata, M. Watanabe, A. Saito, M. Ishida, S. Kobayashi, R. Konuma, J. Terajima, J. Cho, M. Yanai, N. Tsurikisawa: Allergic Bronchopulmonary Mycosis due to Exposure to *Eurotium herbariorum* after the Great East Japan Earthquake, *Prehospital and Disaster Medicine*, Vol.32, No.6, pp.688-690, 2017.8.
- 46) D. P. Strachan and C. H. Sanders: Damp housing and childhood asthma: respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity, *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol.43(1), pp.7-14, 1989.3.
- 47) Ross, A., Collins, M., Sanders, C.: Upper respiratory tract infection in children, domestic temperatures, and humidity, *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol.44(2), pp.142-146, 1990.6.
- 48) Williamson, I.J., Martin, C.J., McGill, G., Monie, R. D., Fennerty, A. G.: Damp housing and asthma: a case-control study, *Thorax*, Vol.52(3), pp.229-234, 1997.3.
- 49) 長谷川兼一, 鍵直樹, 坂口淳, 篠原直秀, 白石靖幸, 三田村輝章 : 住宅のダンプネスのアンケートによる評価法の提案と子供のアレルギー疾患に及ぼす影響に関する全国調査, *日本建築学会環境系論文集*, 第723号, pp.477-485, 2016.5.
- 50) Melia, R.J., Florey, C.V., Morris, R.W., Goldstein, B.D., John, H.H., Clark, D., Craighead I.B., Mackinlay J.C.: Childhood respiratory illness and the home environment. II. Association between respiratory illness and nitrogen dioxide, temperature and relative humidity, *International Journal of Epidemiology*, Vol.11(2), pp.164-169, 1982.6.