

高齢者の乾燥由来の健康リスク低減に向けた住まいの湿度環境提案

主査 開原 典子*¹

委員 林 基哉*², 本間 義規*³

本研究では、高齢者の低湿度環境による健康リスク低減の観点から、乾燥による不快感や疾患の生じにくい室内湿度環境の形成に資するエビデンス構築を目的としている。アンケート調査、人工気候室での測定、実態調査を通じて、高齢者の住まいの室内湿度の調整に関する課題を整理するとともに、現状の住まいの湿度が低く加湿対策が必要である中、断熱防露性能を踏まえて、結露を生じない範囲で加湿を調整することを提案している。

キーワード：1) 乾燥感, 2) 湿度, 3) 皮膚含水率, 4) 高齢者, 5) 高齢者施設,
6) 温冷感, 7) 湿度に対する快適感, 8) 皮膚温度, 9) 寒冷地, 10) 健康リスク

PROPOSALS FOR HUMIDITY ENVIRONMENTS IN HOMES TO REDUCE HEALTH RISKS FOR THE ELDERLY DUE TO DRYNESS

Ch. Noriko Kaihara

Mem. Motoya Hayashi, Yoshinori Honma

The purpose of this study is to determine the indoor humidity environment that prevents discomfort and disease due to dryness, in order to reduce the health risks of the elderly under low humidity conditions. Through questionnaire surveys, measurements in artificial climate chambers and fact-finding surveys, we identified issues related to maintaining and adjusting indoor humidity in homes inhabited by the elderly. Also, humidification was necessary because the indoor humidity in the home was currently low, but if the insulation and dew protection were insufficient, it was proposed to humidify to the extent that no condensation occurred.

1. はじめに

日本では平均寿命が延びることにより、世界に類を見ない速度で高齢化が進んでいる。高齢者の免疫力や環境に適応する能力は個人差が大きいといわれており、適切な室内や衛生環境を備えた高齢者のための住まいの供給体制を整備することが急務となっている。

公共性の高い日本の建築物は、室内の環境衛生の担保を図る「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下、建築物衛生法）」¹⁾によって、衛生管理資格者のもと、衛生状況の客観的な把握と管理の実施が義務づけられているものの、日本の高齢者を対象とした施設や住宅などの住まいに、衛生状況の管理を義務付ける法律はなく、室内環境の管理は、住まい手に任されている。

これまでに、申請者らは、高齢者の住まい環境（温度・湿度など）整備として、自宅や施設に関する調査²⁾を行っており、冬季の室内において、自宅であっても湿度が低く、乾燥状態にある場合が少なくないというデータが蓄積されつつある。居住者は、室内空気の乾燥状態を不快に感じた経験を有しており、室内の乾燥状態は、不快と感じるだけでなく痛みやかゆみが進行し、乾燥由来の

疾患を悪化させるとも言われている^{例え3)}。

住宅に関する室内（温度・湿度）環境と健康に関するデータは既往研究も少なく不足しており^{例え4) ~5)}、違和感や不快感、または、痛みやかゆみの症状が発症する前段の室内環境の知見整備には至っていない。このような状況から、今後高齢化の進む日本では、高齢者のQOL向上を目指し、住まいにおける生活環境の多様な条件を想定した室内（温度・湿度）環境と生理量のデータ集積が急務となっている。

本研究では、高齢者に向けた住まいの室内衛生環境の情報整備の一環として、室内空気の乾燥由来の健康リスク低減を目指し、高齢者の住まいにおける室内湿度環境の提案を行うことを目的としている。具体的には、高齢者施設へのアンケート調査、高齢者を対象とした人工気候室での乾燥による不快感や温熱感等の心理量と皮膚の状態に関する生理応答の測定、高齢者の住まいでの実態調査を通じて、高齢者に向けた住まいの室内湿度の維持・調整に関する課題を整理するとともに、高齢者の住まいの湿度環境調整において留意することを示す。

*¹ 国立保健医療科学院 上席主任研究官 博士（工学） *² 北海道大学 特任教授 工学博士 *³ 国立保健医療科学院 統括研究官 博士（工学）

2. 湿度管理の実態

高齢者を対象とした施設と、高齢者の自宅について、室内湿度の実態を調査する。施設に対しては、管理する方に対して部屋の湿度が低い場合の高齢者に対するケアの種類や湿度が低いことで増えるか等を含めた湿度由来の健康管理や湿度環境管理に関する内容とし、高齢者の自宅での調査においては、リビングや寝室の温湿度の実測を行い、課題を抽出する。

2.1 高齢者施設調査

2.1.1 概要

日本の高齢者を対象とした施設では、衛生状況の管理を義務づける法律はなく、室内の温熱環境管理は、施設に委ねられている。

本節では、高齢者施設（特別養護老人ホーム）の室内湿度管理について、施設長、介護スタッフ、設備担当者等、施設の室内の湿度管理を行っている方を対象に、郵送による質問紙調査によりその実態を調査した。

2.1.2 方法

建築物エネルギー消費性能基準（省エネ基準）において一次エネルギー消費量を算出する際に用いられる地域区分による「寒冷地」、「準寒冷地」、「温暖地」の80床以上の比較的大きな規模の特別養護老人ホームに対して、各300件ずつ900施設に往復はがきを用いた質問紙調査を行い、352施設から有効回答（39.1%）を得た。なお、本調査の回答（返信）において、地域区分の情報は取得しているが、施設を特定する情報は取得していない。調査項目は、冬季の湿度に対して、1.部屋の湿度が低い場合に回数や時間が増えるケアについて、2.部屋の湿度が低い場合に湿度対策をしているにもかかわらず湿度が思った通りにあがらないことがあるかについて、3.部屋の湿度が上がらないことが理由で換気を止めてしまうことがあるかについて、4.部屋の湿度が低い場合に利用者の健康が損なわれると感じたことがあるかについて、5.リビング等共用部の湿度設定と実際の値について、6.COVID-19前後で湿度対策に変化があったかどうかについて、7.築年数について、8.回答者の職について、以上8つである。なお、本調査において、湿度が低い場合とは、相対湿度30%以下になることであるとして、回答を依頼している。調査は2023年9月に実施した。

2.1.3 回答施設の概要

有効回答について、寒冷地 42%、準寒冷地 43%、温暖地 32%であった。回答者の職（寒冷地、準寒冷地、温暖地の全体）については、施設長 43%、介護スタッフ 17%、設備担当者 10%、その他 15%等の順に多く、その他の職は、相談員、介護支援専門員、施設ケアマネージャー、

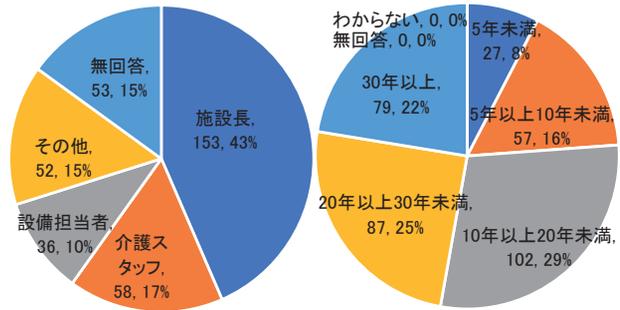
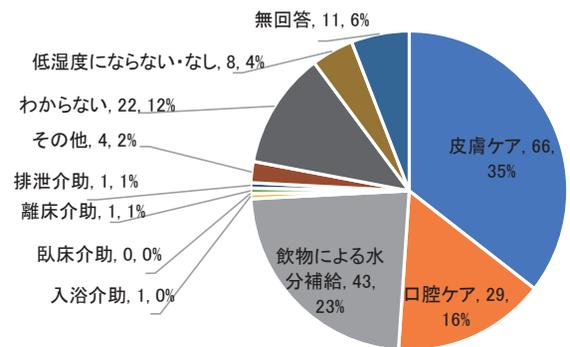
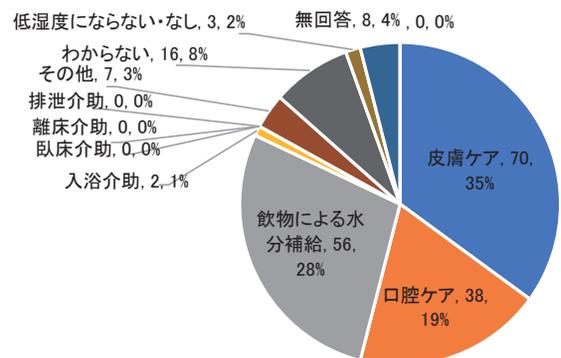


図 2-1 回答者の職 (n=352)

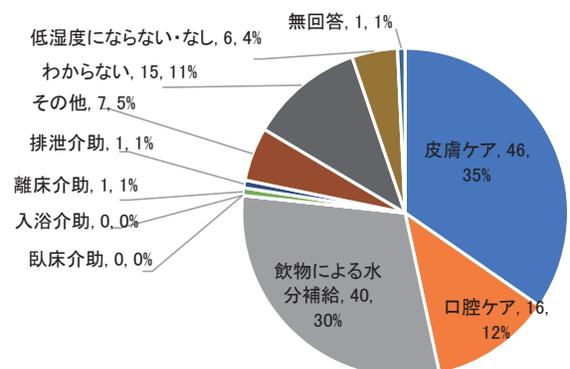
図 2-2 築年数 (n=352)



i) 寒冷地の場合 (n=186)



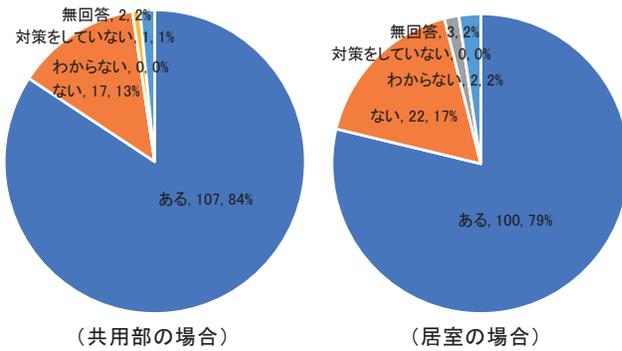
ii) 準寒冷地の場合 (n=200)



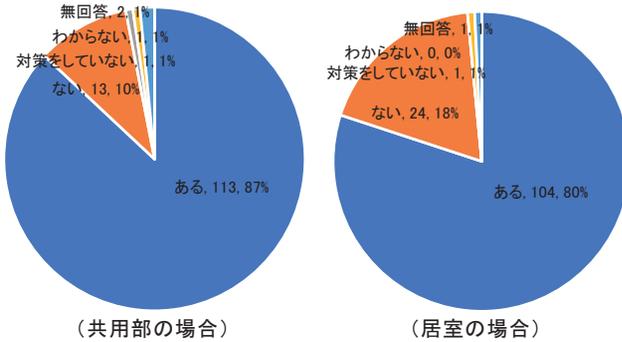
iii) 温暖地の場合 (n=133)

図 2-3 低湿度時に増えるケア（複数回答）

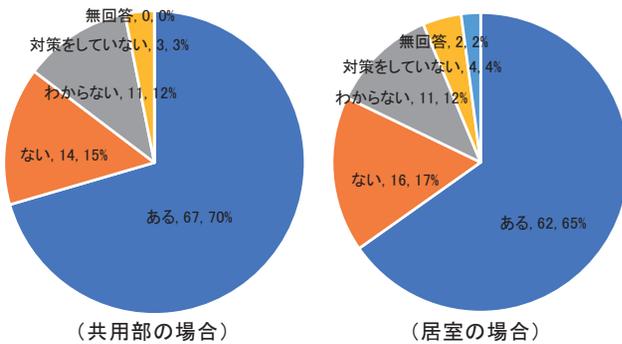
看護師等であった。施設の築年数は、10年以上20年未満 29%、20年以上30年未満 25%、30年以上 22%、



i) 寒冷地の場合 (n=127)



ii) 準寒冷地の場合 (n=130)

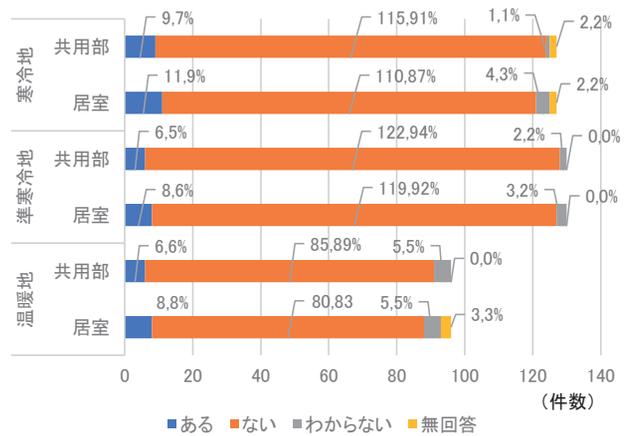


iii) 温暖地の場合 (n=95)

図 2-4 湿度が思った通りに上がらない

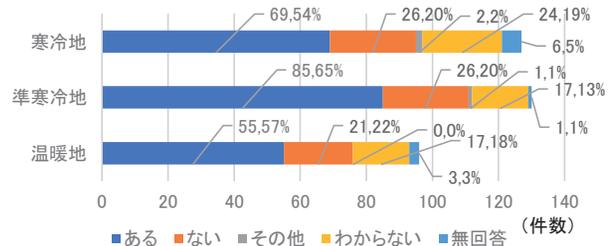
5年以上10年未満16%、5年未満8%の順に多かった(図2-1)。

各地域の築年数としては、寒冷地の場合30年以上30%、10年以上20年未満24%、20年以上30年未満20%、5年以上10年未満19%の順に多く、準寒冷地の場合10年以上20年未満37%、20年以上30年未満25%、30年以上18%、5年以上10年未満15%の順に多く、温暖地の場合20年以上30年未満30%、10年以上20年未満24%、30年以上19%、5年未満13%の順に多かった(図2-2)。どの地域も大きく傾向が異なることはないものの、寒冷地に築年数30年以上の施設がやや多く、準寒冷地では10年以上20年未満の施設がやや多くなり、温暖地では5年未満の築浅の施設がほかの地域に比べればやや多くなっている。



寒冷地 (n=127), 準寒冷地 (n=130), 温暖地 (n=95)

図 2-5 換気を止めることがあるか



寒冷地 (n=127), 準寒冷地 (n=130), 温暖地 (n=95)

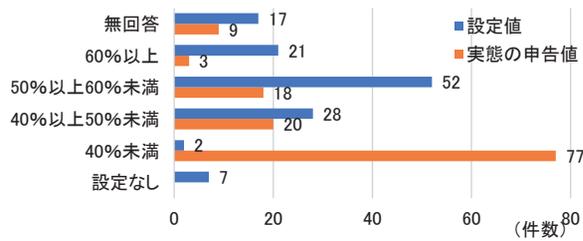
図 2-6 相対湿度30%以下の環境で健康が損なわれると感じたことはあるか

2.1.4 室内の湿度管理

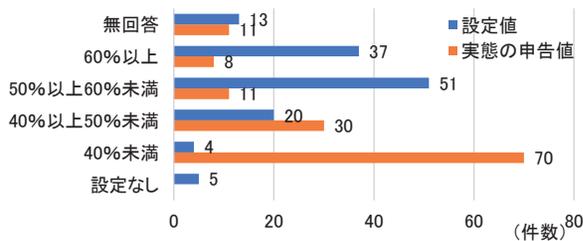
図2-3に、部屋の湿度が低い場合に回数や時間が増えるケアについての結果を示す。寒冷地、準寒冷地、温暖地ともに、皮膚ケア、飲水による水分補給、口腔ケアの順に多い結果となった。これらのケアの増える理由として、皮膚ケアについては保湿剤の塗布や皮膚の状態の確認回数の増加等のため、飲水による水分補給については脱水予防等のため、口腔ケアについては口腔内トラブルの増加や寝たきりの状態の利用者の口腔乾燥のためという回答が目立った。

図2-4に、部屋の湿度が低い場合に湿度対策をしているにもかかわらず湿度が思った通りにあがらないことがあるかについての結果を示す。寒冷地、準寒冷地、温暖地共に共用部・居室とも「ある」が「ない」よりも大きく超えている。共用部について、寒冷地84%、準寒冷地87%、温暖地70%であり、温暖地よりも寒冷地と準寒冷地において、湿度が思った通りに上がらない傾向が強い。居室についても、共用部よりはやや上がる傾向にあるものの、どの地域も共用部と同様の傾向にある。

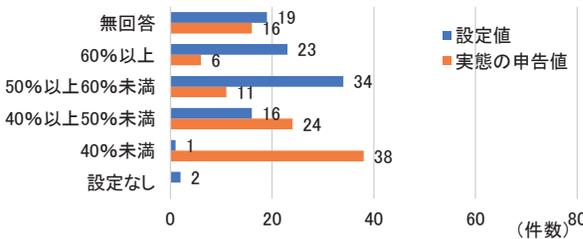
図2-5に、部屋の湿度が上がらないことが理由で換気を止めてしまうことがあるかについての結果を示す。寒



i) 寒冷地の場合 (n=127)



ii) 準寒冷地の場合 (n=130)

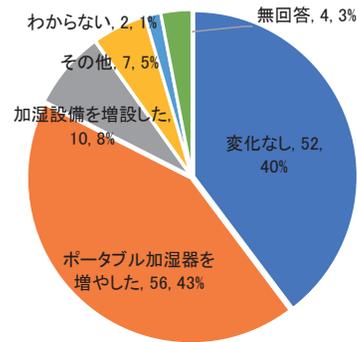


iii) 温暖地の場合 (n=95)

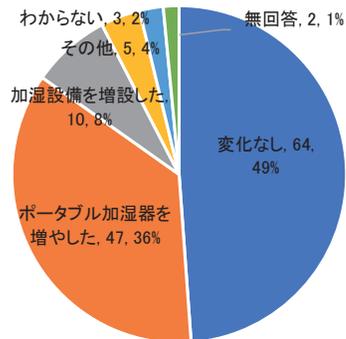
図 2-7 共用部の湿度の設定値と実態の申告値

冷地の場合共用部 7%・居室 9%、準寒冷地の場合共用部 5%・居室 6%、温暖地の場合共用部 6%・居室 9%であった。このように、共用部・居室とも、どの地域においても湿度が思った通りに上がらない場合に換気を止めてしまうことが実態としてある。

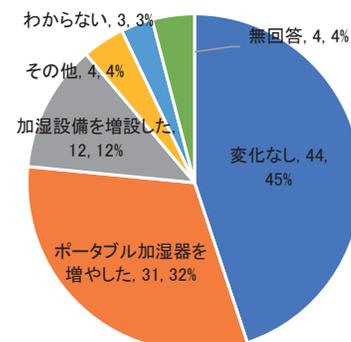
図 2-6 に、部屋の湿度が低い(30%以下)とき、利用者の健康が損なわれると感じたことはあるかについての結果を示す。あるとの回答が、寒冷地の場合(69件)54%、準寒冷地の場合(85件)65%、温暖地の場合(55件)58%であった。あると回答した場合にどのようなことかについて尋ねると(自由記述)、インフルエンザ等感染症への罹患、感染症の院内への蔓延、上気道炎を起こしやすい、水分不足による尿路感染、風邪をひきやすくなる、乾燥による皮膚疾患、皮膚の乾燥、かゆみによる二次的な睡眠障害、咽頭・咽頭関係の風邪症状(咽頭痛等)、鼻水・咳が増える、せき込みの頻度が増える、唇・口腔内の乾燥、口腔トラブル(口腔内汚染含む)、のどの渇き、喀痰の増加、誤嚥、脱水傾向になることがある、尿量の減少、肺炎等の回答があった。このように、どの地域も湿度が低い場合に、健康が損なわれると感じており、施設関係



i) 寒冷地の場合 (n=127)



ii) 準寒冷地の場合 (n=130)



iii) 温暖地の場合 (n=95)

図 2-8 COVID-19 前後での湿度対策の変化

者が捉える乾燥に起因して高齢者に増える症状の実態が示された。

図 2-7 に、共用部の湿度の設定値と実態の申告値について、結果を示す。寒冷地、準寒冷地、温暖地ともに、湿度の設定値は 50%以上 60%未満が最も多いものの、実態の申告値では 40%未満が最も多い。実態の申告値について、60%以上と回答の施設もそれぞれの地域で何件かあるものの、40%から 60%の範囲で維持管理できる加湿設備のある施設と、40%に満たない加湿設備のない施設に大別できるといえる。

図 2-8 に、COVID-19 前後で、冬の湿度対策に変化があるかどうかについて、結果を示す。変化があると回答のあった対策のなかで、寒冷地、準寒冷地、温暖地ともに、ポータブル加湿器を増やしたが最も多く、次いで、加湿設備を増設したが多くなった。このように、COVID-19 の

感染症対策後に、湿度管理に対する対応が増えたことがわかる結果となった。

2.1.5 室内湿度の実態値と管理者意識の乖離

部屋の湿度が低い(30%以下)ときに、利用者の健康が損なわれると感じたことのあるかという設問において、寒冷地、準寒冷地、温暖地ともに、半数以上の施設関係者が、空気の乾燥は高齢者の健康を損うことであると捉えていることが示された。また、相対湿度30%以下のときに利用者の健康が損なわれると感じるのはどのようなことかについては、高齢者の体内水分の損失や皮膚・粘膜の表面からの水分蒸発の増加に起因したものであるといえる。

一方、部屋の湿度が低い状況にならないよう、一定程度の湿度を維持・調整するという意識に反して、室内の湿度調整に苦慮していることも本報の質問紙調査の結果からうかがえる。これまでに行っている寒冷地の高齢者施設を対象とした調査研究²⁾においても、「対象の施設において築年数や建築設備などが異なった場合でも、湿度維持に関する管理者の意識が高いにもかかわらず、加湿設備のない施設では施設内の共用部・居室とも湿度の低い状況にあり、管理者の意識と施設の湿度の実態に乖離がある」という結果が得られており、本報の高齢者施設の質問紙調査の結果は、室内湿度の設定値と実態の申告値が乖離しているという点で、符合する。

冬季に部屋の湿度が低い場合に湿度対策をしているにもかかわらず湿度が思った通りにあがらないことがあるかについての結果では、寒冷地・準寒冷地の場合8割以上が「ある」と回答している。このような施設の場合、加湿設備や加湿能力が不足している可能性がある。加湿対策を見直す場合には、加湿目標に対して、建物の断熱性能や気密性能が十分であるか、すなわち、加湿しても結露しない状況にあるか、結露してしまった際にも計画的に換気を行うことで余分な湿分を外に排出できるか等についてもあわせて検討することで、加湿をしすぎた場合に副次的な被害につながらないようにすることは重要である。また、部屋の湿度が上がらないことが理由で、計画的な換気を止めることがないように留意することが必要である。

2.2 高齢者の自宅調査

2.2.1 概要

高齢者を対象に、自宅の室内温熱環境の調査を行った。対象住宅は、温暖地にあり、昭和40年代に建設された無断熱住宅であった。実験に参加した協力者は、協力者1～5(70歳代男性2名、80歳代男性1名・女性2名)であった。調査は2022年と2023年の2月から3月に実施した。

2.2.2 方法

温度、相対湿度、CO₂濃度(T&D社、CO₂ Recorder Tr-76Uiを各室1台ずつ使用)について、5分間隔で自動記録とし、現状と加湿器使用期間の測定を居間(リビング)と寝室を対象に、それぞれ5日間ずつ行った。加湿器は、同じ機器(スチーム式加湿器、定格加湿能力350mL/h)を使用することとし、協力者には、始めは相対湿度50%程度を目安に使用し、様子を見ながら好みの湿度に調整するように依頼した。測定に使用する全ての機器は、設置に関する注意事項をあらかじめ教示した上で、机や棚の上に任意で高齢者自身が設置した。なお、加湿器「無」を通常の状態として、加湿器「有」の期間の前に行うようにした。本調査は、高齢者の自宅での実施であったため、感染症等のリスクの観点から、菌の繁殖がしにくいスチーム式加湿器を選定した。

2.2.2 結果

表2-1に、協力者5名がそれぞれの自宅で2022年の2月から3月に行った5日間の結果(温度、相対湿度、二酸化炭素濃度(CO₂濃度))について、平均値と括弧内に標準偏差を示す。絶対湿度は、測定値をもとにGoff-Gratchの式より算出した。協力者へのヒアリングから、本報の協力者は、居間と寝室はほぼ一体として使用している状況にあったが、加湿器設置の期間については、就寝時のみ加湿器を寝室に移動して使用することにした。加湿器「無」の場合の居間の温度は、最も高い協力者でも18℃であり、最も低い協力者では15度であった。どの協力者の居間も室全体を温めて生活するような使い方をしていないことが推察される。また、協力者1と協力者2は、ガスストーブ(開放型)を使用しており、室内の二酸化炭素濃度が2,000ppmを超えている。絶対湿度は、燃焼系の暖房器具を使用していない協力者3では5.6(g/kg(DA))、協力者4では6.8(g/kg(DA))、協力者5では6.1(g/kg(DA))であった。測定を依頼した時期の協力者の地域の外気の絶対湿度は日平均で約4.5(g/kg(DA))であり、室内は低湿度環境であることがわかる。加湿器「無」の場合の寝室の温度は、協力者5を除いて居間より低い。具体的には、最も高い場合でも18℃であり、最も低い場合には14℃である。絶対湿度は居間とほぼ同じであるが、扉を開放して使用していることが多いとの申告と符合している。このように、加湿器の使用を依頼する前の通常の生活では、湿度が低いというだけでなく温度も低いことがわかる。なお、二酸化炭素濃度については、協力者3を除いて、居間・寝室共に1,000ppmを超えている。

加湿器を使用した5日間の場合の居間の温度は、協力者5を除いて上がっており、18℃～19℃であった。絶対湿度は使用前に対して、どの協力者も約2(g/kg(DA))

表 2-1 加湿器設置の有無による室内調査（2022年2月～3月，n=5，5日間の平均値（S.D.））

居間/ 寝室	加湿器設置 の有無	項目	協力者 1	協力者 2	協力者 3	協力者 4	協力者 5
居間	無	温度 (°C)	18(1)	18(1)	17(1)	15(1)	18(2)
		相対湿度 (%)	57(8)	60(8)	46(8)	64(4)	47(7)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	7.4(1.3)	7.8(1.3)	5.6(0.9)	6.8(0.6)	6.1(0.9)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	2,067(972)	2,196(991)	812(178)	1,056(330)	1,193(566)
	有	温度 (°C)	19(2)	19(2)	19(2)	18(2)	18(2)
		相対湿度 (%)	66(6)	71(5)	54(4)	67(3)	58(7)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	9.1(1.5)	9.8(1.5)	7.4(0.8)	8.7(0.8)	7.5(0.8)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,865(939)	2,018(1,000)	751(155)	1,043(320)	1,435(1,015)
寝室	無	温度 (°C)	17(1)	16(1)	16(1)	14(1)	18(1)
		相対湿度 (%)	63(8)	60(7)	52(8)	68(4)	50(5)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	7.6(1.3)	6.8(1.1)	5.9(0.8)	6.8(0.6)	6.5(0.8)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	2,185(986)	1,960(925)	868(191)	1,322(496)	1,302(600)
	有	温度 (°C)	18(2)	18(2)	18(2)	17(2)	18(1)
		相対湿度 (%)	72(6)	66(6)	63(4)	72(3)	57(5)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	9.3(1.7)	8.5(1.7)	8.1(1.0)	8.7(0.9)	7.4(0.8)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,855(917)	1,652(857)	859(166)	1,279(499)	1,651(1,111)

表 2-2 加湿器設置の有無による室内調査（2023年2月～3月，n=5，5日間の平均値（S.D.））

居間/ 寝室	加湿器設置 の有無	項目	協力者 1	協力者 2	協力者 3	協力者 4	協力者 5
居間	無	温度 (°C)	21(1)	21(1)	19(1)	18(1)	21(1)
		相対湿度 (%)	56(6)	58(7)	41(4)	56(3)	54(3)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	8.8(1.1)	9.1(1.1)	5.7(0.6)	7.2(0.4)	8.4(0.5)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,579(646)	1,454(627)	554(142)	710(203)	1,389(789)
	有	温度 (°C)	20(2)	21(2)	18(1)	17(2)	20(1)
		相対湿度 (%)	71(6)	70(6)	47(3)	63(5)	62(3)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	10.4(1.5)	11.0(1.7)	6.1(0.5)	7.6(1.2)	9.1(0.7)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,462(610)	1,404(599)	634(192)	889(270)	1,682(945)
寝室	無	温度 (°C)	21(1)	21(1)	18(1)	17(1)	18(1)
		相対湿度 (%)	59(6)	59(7)	47(5)	61(3)	66(3)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	9.2(1.0)	9.2(1.2)	6.1(0.8)	7.4(0.5)	8.5(0.5)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,414(637)	1,658(707)	508(104)	1,168(541)	935(391)
	有	温度 (°C)	20(2)	20(1)	16(1)	16(1)	16(1)
		相対湿度 (%)	71(4)	72(5)	55(5)	67(4)	75(4)
		絶対湿度 (g/kg(DA))	10.4(1.5)	10.6(1.6)	6.2(0.6)	7.6(1.1)	8.5(0.7)
		CO ₂ 濃度 (ppm)	1,436(604)	1,567(660)	—(—)	1,231(560)	1,297(629)

高くなっている。寝室については、居室よりも 1°C 程度低いものの、最も低い協力者で 17°C、最も高い協力者で 18°C であった。絶対湿度についても約 1 (g/kg(DA)) ～ 2 (g/kg(DA)) 高くなっている。二酸化炭素濃度は、加湿器使用前と同様、協力者 3 を除いて、居間・寝室共に 1,000ppm を超えている。

表 2-2 に、2023 年に、2022 年と同様の調査を行った結果を示す。協力者 3 のみ、対象住宅が変わっている。加湿器を使用する前に行った、加湿器「無」の測定では、前年度の 2022 年に行った結果より、居間・寝室ともに、室温が約 2°C～3°C 上がっていた。絶対湿度についても、

協力者 3 を除いて、約 0.5 (g/kg(DA)) ～ 2 (g/kg(DA)) 高くなっている。

室内の絶対湿度は、水蒸気の収支によって決まる。水蒸気の収支に影響するものとしては、外気条件、換気量、室内の加湿量及び吸湿放湿量である。本調査では実生活上の測定であり、様々な条件下であるため、絶対湿度にばらつきがある。なお、本調査では、スチーム式加湿器を用いており、室内の温度にも影響を与えていると考えている。

2.2.3 建物の防露性能と加湿

本調査において、測定後に行ったヒアリングからは、朝方に窓ガラスに結露してしまうことがあり、加湿器の調整が難しかったという声が聞かれた。

加湿に伴って、窓などでの結露量が増加することがある。結露は、断熱性能が低い部位に集中する傾向があり、一般的には、窓や屋外ドアなどのガラスや枠が最も断熱性が低く、その部分で結露し、極寒期には結氷する場合もある。建物の断熱性能は、省エネルギー法によって寒冷な地域ほど高くなっている。また、省エネルギー法の断熱基準は、急速に向上している。従って、新しい建物では断熱性が高く、古い建物では低い傾向がある。

結露には、建物の気密性能も関係する。一般に、古い建物は、気密性が低く、特に内外温度差が大きい極寒期に換気量が多くなる傾向がある。換気量が多いと、加湿量及びエネルギー消費量が大きくなると同時に、湿度が上がらず結露量が少なくなる。この他に、建物内での温度分布も関係する。温度が低い部屋を作ると、その部屋で結露が集中する。

建物の防露性能に応じた多面的な啓発が必要である。

3. 低湿度環境下における高齢者の心理・生理量に室温が与える影響

3.1 調査の概要

空気の乾燥による皮膚や粘膜での状態の変化について、老化に伴う生理機能の低下により、違和感を覚えることが遅くなるだけでなく、人体表面の水分含有量の低下にも気づきにくい恐れがあることを示してきた^{7)~12)}。また、これまでに行った低湿度環境下の高齢者の生理量と心理反応の調査から、皮膚表面温度の低い協力者の皮膚含水率は低下する傾向があることを示唆している⁸⁾。そこで、本章では、一定の低湿度環境下（絶対湿度約 6g/kg(DA)）において、異なる一定室温の条件（27.5℃、26.5℃、25.5℃）で測定し、高齢者の生理量（皮膚含水率、皮膚表面温度）と心理反応（乾燥感、湿度に対する快不快、全身の温冷感）について、人体周囲の温度の影響を検討する。

3.2 実験の方法とスケジュール

人工気候室（本測定室）とその前室を使用して実験を行った。前室は本測定室での条件と温度を同じとした。本測定室は絶対湿度が一定となるように設定し、3つの条件（a. 27.5℃、24%RH、b. 26.5℃、26%RH、c. 25.5℃、28%RH）の下、実験に参加した協力者は、前室で15分間、本測定室で160分間過ごし、生理量の測定（皮膚含水率、皮膚表面温度、NMF等）と心理反応に関する申告（湿度に関する快適感、全身の温冷感、湿度に関する許容度）について、前室で5分間過ごした後（本測定の10分前）と、本測定室に移った直後（この時を開始時（本測定

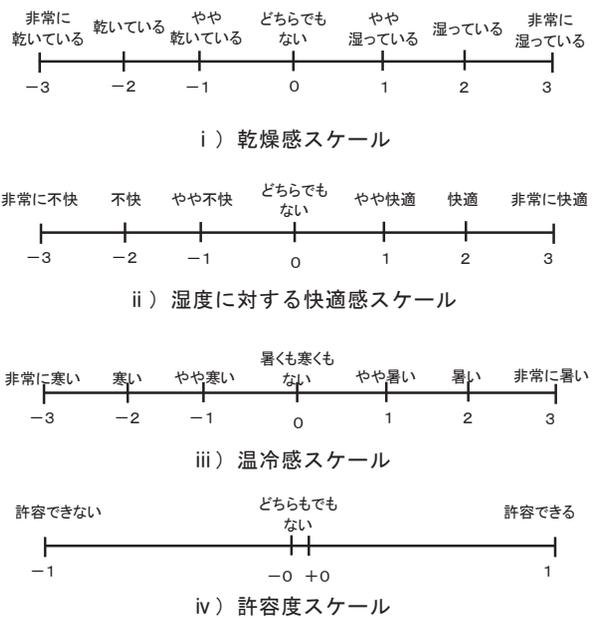


図 3-1 心理応答のスケール

0分後)とする) から15分間隔で行った(関連の測定一式に要する時間は約10分間)。皮膚含水率は肌水分計(スカラ社製, MY-808S)^{注1)}、皮膚表面温度は皮膚赤外線体温計(アドバンスドメディカル(株)社製, シーゼ)及び赤外カメラ(FLIR社製, C5)で測定した。皮膚含水率の測定部位は手首付近とし、皮膚表面温度の測定は、顔、腕、手(皮膚含水率の測定部分付近はシーゼでも測定)を含む上半身とした。湿度に関する快適感の申告と乾燥感の申告は、眼、鼻の中、口の中、喉の中、唇、手の6部位について、それぞれ「非常に不快(-3)」「不快(-2)」「やや不快(-1)」「どちらでもない(0)」「やや快適(+1)」「快適(+2)」「非常に快適(+3)」、「非常に乾燥している(-3)」「乾燥している(-2)」「やや乾燥している(-1)」「どちらでもない(0)」「やや湿っている(+1)」「湿っている(+2)」「非常に湿っている(+3)」の7段階のスケールで行い、同様に、温冷感の申告は、全身について「非常に寒い(-3)」「寒い(-2)」「やや寒い(-1)」「暑くも寒くもない(0)」「やや暑い(+1)」「暑い(+2)」「非常に暑い(+3)」7段階スケールで行うとともに、湿度に関する許容度の申告は、「許容できる(+1)」「どちらでもない(許容できる側)(+0)」「どちらでもない(許容できない側)(-0)」「許容できない(-1)」のスケールで行った(図3-1)。飲水は、常温の水を用意し、飲んだ量と時刻を記録した。

3.3 協力者の概要

実験に参加した協力者は、2章の協力者1~5(70歳代男性2名、80歳代男性1名・女性2名)であった。実験は2023年8月から9月の間に行われた。

表 3-1 乾燥感申告（条件 a.～条件 c.，協力者 4，2023 年 8 月～9 月）

条件 a. (27.5°C, 24%RH) の場合

	乾燥感					
	眼	鼻	口	喉	唇	手
10分前	0	0	0	0	0	1
0分後	0	0	0	0	0	0
15分後	-1	-1	0	0	-1	-1
30分後	-1	-1	0	0	-1	-1
45分後	-2	-1	-1	0	-1	-1
60分後	-2	-1	-1	-1	-2	-1
75分後	-2	-1	-1	-1	-2	-1
90分後	-2	-1	-1	0	-1	-1
105分後	-1	0	0	0	-1	0
120分後	-1	0	0	0	0	0
135分後	-1	0	0	0	0	1
150分後	-1	0	0	0	0	1

条件 b. (26.5°C, 26%RH) の場合

	乾燥感					
	眼	鼻	口	喉	唇	手
10分前	0	0	0	0	0	0
0分後	0	0	0	0	0	0
15分後	0	0	0	0	-1	0
30分後	-1	0	0	0	-1	-1
45分後	-1	-1	0	0	-1	-1
60分後	-1	-1	-1	0	-1	-1
75分後	-1	-1	0	0	0	0
90分後	0	0	0	0	0	0
105分後	0	0	0	0	0	0
120分後	0	0	0	0	0	0
135分後	0	0	0	0	0	0
150分後	0	0	0	0	0	1

条件 c. (25.5°C, 28%RH) の場合

	乾燥感					
	眼	鼻	口	喉	唇	手
10分前	0	0	0	0	0	0
0分後	-1	-1	0	0	-1	0
15分後	-1	-1	-1	0	-1	-1
30分後	-1	-1	-1	-1	-2	-1
45分後	-2	-2	-1	-1	-2	-2
60分後	-2	-2	-1	-1	-2	-2
75分後	-2	-2	-2	-2	-2	-2
90分後	-2	-2	-2	-1	-2	-2
105分後	-2	-2	-2	-1	-3	-2
120分後	-2	-2	-1	-1	-2	-1
135分後	-2	-1	-1	-1	-1	-1
150分後	-2	-1	-1	0	-1	0

3.4 結果

協力者 5 名（70 歳代と 80 歳代の高齢者）の結果の中から、本章では、乾燥感や湿度による不快感の程度を強く申告した協力者のうち、70 歳代男性の協力者 4 の結果について示す。

3.4.1 部位別の傾向

表 3-1 に、条件 a. から条件 c.（いずれも絶対湿度約

6g/kg(DA)) について、協力者 4 の乾燥感申告の結果を部位別に示す。条件 a. b. c. のいずれの場合も、実験開始から終了時まで、常に申告の強さが増していくわけではないことがわかる。このことは、6 部位のどの場合にもあてはまる。このように、乾燥感申告の大略的な傾向としては、申告の強さが強くなったり弱くなったりしながら、強さが増しているといえる。

部位別には、乾燥感申告の乾燥側に捉える強さについ

表 3-2 湿度に関する快適感申告, 温冷感申告, 湿度に関する許容度 (条件 a. ~条件 c., 協力者 4, 2023 年 8 月~9 月)

条件 a. (27.5°C, 24%RH) の場合								
	湿度に関する快適感						温冷感	許容度
	眼	鼻	口	喉	唇	手		
10分前	0	0	0	0	0	-1	1	0.1
0分後	0	0	0	0	0	1	0	0.1
15分後	-1	0	0	0	-1	1	0	0.1
30分後	-1	-1	0	0	-1	1	-1	0.1
45分後	-1	0	0	0	-1	1	-1	0.1
60分後	-2	-1	0	0	-1	1	-2	0.1
75分後	-2	-1	0	0	-1	1	-2	0.1
90分後	-2	0	0	0	-1	0	-1	0.1
105分後	-1	0	0	0	0	0	-1	0.1
120分後	-1	0	0	0	0	1	-1	0.1
135分後	-1	0	0	0	0	1	-1	0.1
150分後	-1	0	0	0	0	1	-1	0.1

条件 b. (26.5°C, 26%RH) の場合								
	湿度に関する快適感						温冷感	許容度
	眼	鼻	口	喉	唇	手		
10分前	0	0	0	0	0	0	1	1
0分後	0	0	0	0	0	0	0	1
15分後	0	0	0	0	-1	0	0	0.1
30分後	-1	0	0	0	-1	0	1	0.1
45分後	-1	-1	0	0	-1	-1	1	0.1
60分後	-1	-1	-1	0	-1	0	1	0.1
75分後	-1	0	0	0	0	0	0	0.1
90分後	-1	0	0	0	0	0	0	0.1
105分後	0	0	0	0	0	0	0	0.1
120分後	0	0	0	0	0	0	0	0.1
135分後	0	0	0	0	0	0	0	0.1
150分後	0	0	0	0	0	1	0	0.1

条件 c. (25.5°C, 28%RH) の場合								
	湿度に関する快適感						温冷感	許容度
	眼	鼻	口	喉	唇	手		
10分前	0	0	0	0	0	0	0	0.1
0分後	-1	-1	0	0	-1	0	-2	-0.1
15分後	-1	-1	0	0	-1	0	-2	-0.1
30分後	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-0.1
45分後	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-3	-0.1
60分後	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-3	-0.1
75分後	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-3	-0.1
90分後	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-3	-0.1
105分後	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-3	-0.1
120分後	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-3	-0.1
135分後	-1	-1	0	0	-1	0	-3	-0.1
150分後	-1	0	0	0	-1	0	-3	-0.1

て、眼、鼻、唇、手、口、喉の順に強く（値が大きくなる傾向にある。

表 3-2 に、表 3-1 と同様に、条件 a. から c. までの、協力者の 4 の湿度に関する快適感、全身の温冷感、湿度に関する許容度の申告結果を部位別に示す。表 3-1 に示す乾燥感申告と同様に、実験開始から終了時まで、常に申告の強さが増していくわけではないことがわかる。部位

別には、乾燥感申告の乾燥側に捉える強さと同様に、湿度に関する快適感においても、不快側の申告が、眼、鼻、唇、手、口、喉の順に強く（値が大きくなる傾向にある。

このように、湿度に関する快適感申告も乾燥感申告と類似の傾向となつてはいるが、湿度に関する快適感申告の不快側の申告数よりも乾燥感申告で乾燥側の申告数の

ほうが多く、これまでに行っている室温 28℃の低湿環境下の実験から得られている「湿度に関する不快感と乾燥感の申告は同じ数ではなく、乾燥していることが必ずしも不快にならない」⁷⁾という傾向と本実験の結果は符合している。

一方、乾燥感で乾燥側に強く申告し、湿度に関する快適感で不快側に強い申告している場合に、全身の温冷感申告において寒いと回答している傾向がある。次節では、皮膚含水率や皮膚表面温度とあわせて、乾燥感申告に室温が与える影響を検討する。

3.4.2 室温の影響

以降、特に、6 部位のうち、乾燥感申告において乾燥度で大きな値 (-3) を申告している唇と皮膚含水率を測定している手について示す。皮膚表面温度は、皮膚赤外線体温計で測定している手の結果を示す。

図 3-2 に、皮膚含水率の経時変化を温度別に示す。本測定開始 90 分以降終了時まで、室温の異なる 3 つの条件で測定した皮膚含水率の差が小さくなっている。

図 3-3 に、乾燥感申告と皮膚表面温度の経時変化を室温条件毎に示す。乾燥感申告は、3 条件のうちでは、25.5℃の場合に、乾燥側の回答が多く、程度も強い。手の皮膚表面温度は、本測定終了時において室温 25.5℃の場合に最も低い。上半身の赤外カメラでは、時間の経過とともに指先の表面温度が低下する傾向が確認された。室温 25.5℃の場合の全身の温冷感、本測定開始 45 分以降終了時まで、非常に寒いと申告であった。一方、室温 26.5℃の場合、他の 2 条件よりも乾燥感申告において、乾燥側の回答が少ない。手の皮膚表面温度は、本測定開始 15 分後以降実験終了時刻まで、室温 27.5℃の場合よりも高い。全身の温冷感申告は、27.5℃の場合はやや寒い (-1)・寒い (-2) との回答であったが、26.5℃の場合、やや暑い (+1)・暑くも寒くもない (0) との回答であった。湿度に対する不快感は、3 つの条件全てにおいて、乾燥感申告とほぼ同じ傾向にあった。

発汗の生じない温熱環境下において、約 25℃から 27℃の室温の違いは、皮膚含水率に大きく影響しない高齢者もいることが確認された。気温、血流量、発汗、産熱、不感蒸泄量等の条件について、乾燥感や湿度に関する快適感に及ぼす影響を検討するとともに、全身温冷感との関わりを十分に検討していく必要がある。

4. 高齢者住まいの室内湿度

4.1 高齢者施設の湿度調整

高齢者施設の冬季の低湿度の対策に困っているという実態が、これまで以上に浮き彫りになった。

相対湿度を上げるには、大きく 2 つの方法 (加湿量を増やす、温度を下げる) がある。

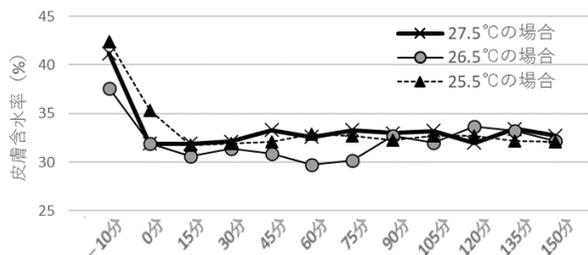
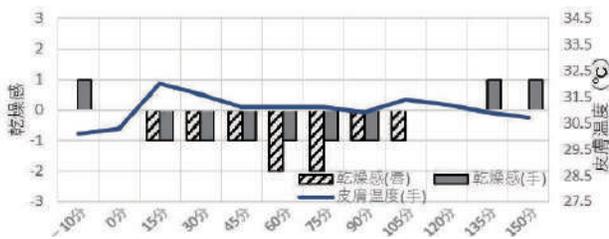
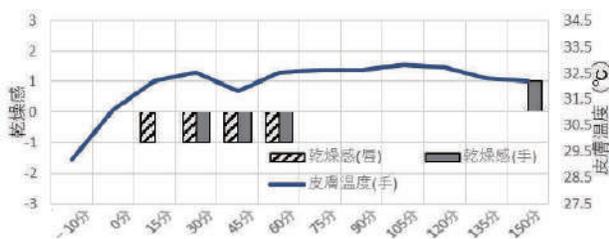


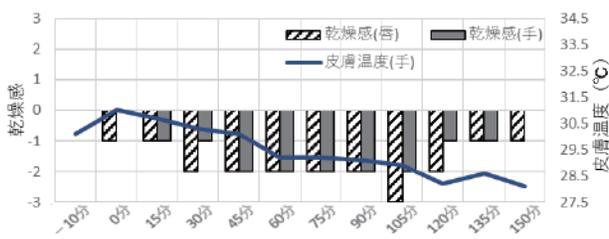
図 3-2 皮膚含水率の経時変化



a. 27.5℃の場合



b. 26.5℃の場合



c. 25.5℃の場合

図 3-3 乾燥感申告と皮膚表面温度の経時変化

高齢者は高めの温度を好むとされており¹⁴⁾、温度を下げることは快適性や健康を損ねる可能性もあるため、注意を払う必要がある。また、このことに関連して、本報の 3 章における人工気候室の測定から、空気の乾燥状態について、強く乾燥側に申告し、かつ、その状況について強く不快側の申告をしている場合に、全身の温冷感申告において寒いと回答する傾向が得られており、乾燥感と室内温度との関係は今後さらなる検討が必要であるといえる。

一方、空気中の水分を増やすことが、室内湿度をあげることであるが、洗濯物の室内干しや、洗面器へのみずはり、ポータブル型の加湿器の増設等では、高齢者施設の不足している加湿量を賄うことは難しいことが多い。

そのため、高齢者施設であれば、加湿設備を導入することは重要となるが、建物の断熱性能が一定以上ない場合には、壁面や窓面で結露することになり、カビ発生などの問題が生じることもあることに留意する。

以上のように、人間側の健康状態に合わせて湿度環境を整えることは重要であるものの、現状の湿度が低く、より高い湿度環境を目指すために加湿対策を見直す場合で、断熱性能や気密性能を向上させる施工が十分に行えていない場合には、建物側に結露が生じない湿度環境となるように新旧の建物性能を踏まえて湿度調整を行い、建物性能以上の湿度環境を目指すことのないようすることを提案する。また、臭気や感染症対策、施設の運用方針など、施設の現状を把握したうえで、改善策について、対応していくことが重要である。

4.2 一般住宅の湿度調整

日本の一般住宅における室内環境の調査によれば、日本の住宅は暖房が不十分で、冬季の室内環境は非常に貧しい状況であるとの指摘もある。これは、湿度管理についても同様で、特に外気の絶対湿度が低い寒冷地や準寒冷地で加湿器がない場合には、冬季の室内湿度は非常に低い。

住宅で問題となる快適や健康を阻害する要因は非常に雑多であり、複雑な対応が求められるように見えるが、ある1つの対策で2つ以上の問題の解決に有効であるようなケースも多く、基本となる対策は比較的単純に整理できるのではないかとみられている¹⁵⁾。また、建物と住設機器の役割には限界と適性があることにも留意する必要があるといえる。

すなわち、室内湿度の目標があったとしても、それを実現できる建物性能や住設機器の性能がなければ、実現することは難しい。

日本の一般住宅の現状として、1970年代以前のものも多く存在しており、その当時の断熱性能や気密性能のままでは、湿度維持や調整は、かえって健康のリスクを招く恐れがあることに留意する。

以上のように、施設と同様、人間側の健康状態に合わせて湿度環境を整えることは重要であるものの、一般住宅においても現状の湿度が低く、より高い湿度環境を目指すために加湿対策を見直す場合で、断熱性能や気密性能を向上させる施工が十分に行えていない場合には、建物側に結露を生じない範囲で加湿を行い、建物性能を踏まえた湿度環境を目指すことを提案する。

5. おわりに

高齢者に向けた住まいの室内衛生環境の情報整備の一環として、室内空気の乾燥由来の健康リスク低減のため、高齢者の住まいにおける室内湿度環境の提案を行うこと

を目指し、高齢者施設へのアンケート調査、高齢者を対象とした人工気候室での乾燥による不快感や温熱感等の心理量と皮膚の状態に関する生理応答の測定、高齢者の住まいでの実態調査を通じて、高齢者に向けた住まいの室内湿度の維持・調整に関する課題を整理した。我が国の住まいでは冬季に湿度が低く加湿対策が必要である。旧来の住宅では、断熱防露性能が不十分で結露の危険性が高い。以上の実態を踏まえて、結露を生じない範囲で加湿を調整することを提案している。

<謝辞>

実験・調査において、多くの被験者の協力を得た。記して謝意を表す。

<注>

1) 肌水分計（スカラ社製，MY-808S，静電容量法）の測定範囲を、表面から10 μ mまでの領域が80%、200 μ mまでの領域が90%、3.5mmまでの領域が100%カバーしている。また、肌水分計の表示値を皮膚の代わりに創傷保護剤に含浸させた水分量に対応させており、創傷保護剤と生体の皮膚との組成の違いは明らかでないことが技術資料として示されている¹⁶⁾。

<参考文献>

- 1) 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号)”，2015年3月20日
- 2) 開原典子，林基哉，金勲，大澤元毅，阪東美智子，小林健一，本間義規，巖爽，菊田弘輝，羽山広文：特別養護老人ホームの温熱環境に関する実態調査寒冷地における冬期の室内温湿度と湿度管理に関する分析．日本建築学会環境系論文集，83(745)，pp.267～276，2018
- 3) 敷地孝法，原田勝博，広瀬憲志，荒瀬誠治：老人性乾皮症，皮膚そう痒症，皮脂欠乏性湿疹．四国医誌第57巻第3号，pp.63～66，2001
- 4) 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，509，pp.91～96，1998
- 5) 五十嵐由利子：高齢者の暖房方法と乾燥感との関連について．日本建築学会東北支部研究報告集，43，pp.319～322，2000
- 6) Harper. G. J. : The influence of environment on the survival of airborne virus particles in the laboratory, ARCHIVES OF VIROLOGY, 13, pp.64～71. 1963
- 7) 開原典子，林基哉，高田暁：低湿度環境下における高齢者の心理反応と皮膚水分状態に関する基礎的検

- 討. 第 45 回 人間-生活環境系シンポジウム報告集,
pp.127~130, 2021
- 8) 開原典子, 林 基哉:低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第 43 回 人間 - 生活環境系シンポジウム報告集, pp.203~206, 2019
 - 9) 開原典子, 林 基哉, 高田暁:低湿度環境下における高齢者の心理反応. 2020 年度日本建築学会大会. 学術講演梗概集 (DVD 収録), 2020
 - 10) 開原典子, 林 基哉:低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第 43 回 人間-生活環境系シンポジウム報告集. pp.203~206, 2019
 - 11) 開原典子:湿度変化における高齢者の心理反応. 第 28 回日本臨床環境医学会学術集会抄録集, 2019
 - 12) 開原典子:低湿度環境における高齢者の乾燥感に関する基礎的検討. 平成 30 年室内環境学会学術大会. 同公演要旨集. pp.306~307, 2018
 - 13) 徳田哲男, 栃原 裕, 梁瀬 度子:環境温度の変化と高齢者の心身諸機能に関する研究. 人間工学, 25 巻 4 号 pp.197~206, 1989
 - 14) 健康維持増進住宅研究委員会/健康維持増進住宅研究コンソーシアム編. 健康に暮らすための住まいと住まい方エビデンス集. 東京:技報堂;2013
 - 15) 坊垣和明:快適な住まいを求めて. 建設省建築研究所, 監修. 快適なすまいづくりのすべて. 建築技術, pp.34~42, 1990
 - 16) スカラ株式会社:小型高精度肌水分計の開発と測定について. 日本化粧品学会, 1996