Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-12-05

室内滞在時の皮膚含水率と温湿度の関係についての実態調査

開原，典子
高田，暁

(Citation)
日本建築学会環境系論文集,82(734):337-345

(Issue Date)
2017-04

(Resource Type)
journal article

(Version)
Version of Record

(Rights)
© 2017 日本建築学会

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/90006204

【カテゴリーⅠ】

日本建築学会環境系論文集 第82巻 第734号, 337-345, 2017年4月
J. Environ. Eng., AIJ, Vol. 82 No. 734, 337-345, Apr., 2017
DOI http://doi.org/10.3130/aije.82.337

室内滞在時の皮膚含水率と温湿度の関係についての実態調査

SURVEY OF RELATIONSHIP BETWEEN SKIN MOISTURE CONTENT AND TEMPERATURE-HUMIDITY FOR INDOOR OCCUPANTS

開 原 典 子*, 高 田　 暁**

Noriko KAIHARA and Satoru TAKADA

In order to clarify the influence of indoor temperature and humidity on the change in skin moisture content in daily life, surveys of skin moisture content of students engaging in sedentary works in a standard room in a university were conducted from autumn to winter for two years. It was shown that the indoor hygrothermal parameters (air temperature, relative humidity, absolute humidity) positively correlated with the skin moisture content and that the correlation coefficient with absolute humidity was the highest among the three parameters. At the same time, it was found that the daily fluctuation of skin moisture content followed the fluctuation of indoor absolute humidity. For a subject who was involved in the surveys for two years, the relationship between skin moisture content and indoor absolute humidity was found to be consistent. From these results, it was shown that in ordinary daily life, the indoor absolute humidity has the stronger influence on the skin moisture content than indoor air temperature and relative humidity.

Keywords : *Skin, Moisture content, Survey, Temperature and humidity, Indoor environment*

皮膚，含水率，実態調査，温湿度，室内環境

1.　はじめに

冬季に室内の乾燥状態を不快に感じる居住者は少なくない。不快感を伴ったまま一定期間を過ごすと疾患を悪化させることや病気の発症につながるとも言われており[例えば 1)]、健康リスク低減への対応に向けた湿度管理の知見の整備が必要である。筆者らはこれまでに、絶対湿度のステップ変化に応じた皮膚含水率の過渡的な変化を測定した結果、湿度変化の影響が皮膚表面から皮膚内部に伝播するという特徴や、皮膚角層内の含水率が湿度変化に対して数分から数時間で変化するという特徴を明らかにし、室内の絶対湿度変化が皮膚含水率に及ぼす影響を実験室内での被験者実験により示してきた[2)~3)]。一方で、日常の生活環境における冬季の居住者の皮膚含水率の状態を明らかにする観点からは、実際に生じる様々な生活行為や天気・天候あるいは気候の影響する状況の下、皮膚含水率を一定期間測定し、その変動特性を把握することが必要である。

これまでに、室内の空気温湿度変化に対する皮膚含水率の実態を調査したいくつかの研究がある。青木ら[4)]は、アトピー性皮膚炎患者の前腕皮膚含水率と室内絶対湿度の調査を室内絶対湿度 3～18g/kg(DA)程度の条件下で行い、アトピー性皮膚炎患者の場合に、絶対湿度が低いほど皮膚含水率が低下することや、絶対湿度に対する皮膚水分率の変動幅が大きいことを明らかにしている。また、青木ら[5)]は、10 月～12 月まで日平均レベルで室内絶対湿度の低下に伴って皮膚含水率が低下する傾向にあることを示している。この研究においては、被験者の測定状況（測定のタイミングや測定までの行動）が不明であり、アトピー性皮膚炎のない被験者の皮膚含水率や、日周期の室内温湿度変化に対する皮膚含水率の応答を把握することを目的とはしていない。磯部ら[6)]によって、中間期と冬期の目尻の皮膚含水率測定が行われ、冬期よりも中間期の皮膚含水率が高い傾向にあることが示されているが、冬期に測定した皮膚含水率はほぼ一定であり、空気湿度と皮膚含水率の関連性は見出されていない。藤田ら[7)]は、皮膚含水率と外界気象要素（気温と相対湿度）との相関関係を整理し、6 月～11 月に皮膚含水率の実態調査を行っているが、皮膚含水率と外気の絶対湿度および室内の絶対湿度との相関は示されていない。徳留ら[8)]は、小児と老人の顔，手背，腹および前腕皮膚含水率を季節ごとに測定し、夏季に高く冬季に低く、かつ、小児と老人に差異がないことを示している。白井ら[9)]は、来院患者を対象に、24～28℃の室内環境で 255 例の皮膚水分率を測定し、夏季に高く冬季に低く、年齢による特徴的な傾向がないことを示しているが、皮膚含水率と温湿度の関係を明確に示しているわけではない。このように、皮膚含水率に関する調査研究はみられるものの、詳細な測定状況を記録しながら日変動を含めて継続的に皮膚含水率

*　国立保健医療科学院生活環境研究部　主任研究官・博士(工学)
（当時、神戸大学大学院工学研究科建築学専攻　大学院生）
Senior Researcher, Department of Environmental Health, National Institute of Public Health, Dr. Eng.
(Former Grad. Student, Graduate School of Eng., Kobe Univ.)

**　神戸大学大学院工学研究科建築学専攻　准教授・博士(工学)
Assoc. Prof., Dept. of Arch., Graduate School of Eng., Kobe Univ., Dr. Eng.

と温湿度の関係を記録した事例は非常に少なく、室内空気の温湿度と皮膚含水率の対応関係は十分に明らかになってはいない。また、これらの研究の多くで採用されている測定方法は、皮膚表面にセンサーを接触させて表層近傍のある領域の平均的な含水率を測定するというものであるが、被験者自らが測定を行う場合もあり、得られたデータには相応のばらつきが含まれていると考えられる。被験者数が増えると測定方法を徹底することが一層難しくなる。このばらつきを抑えることで、皮膚含水率と温湿度関係がより明確に示される余地があると思われる。

本論では、皮膚疾患を持たない一般の成年者について、日常生活の中で変化する皮膚含水率の状態や性質の実態を把握するために、研究室でデスクワークを行う学生を対象とした皮膚含水率の測定を秋から冬にかけて継続して行い、室内空気の状態量（気温・相対湿度・絶対湿度）と皮膚含水率の関係を検討する。具体的には、皮膚含水率の日内の挙動の結果、3 か月間で得られた全データについての室内空気の状態量（気温・相対湿度・絶対湿度）と皮膚含水率の相関関係の結果から、デスクワーク中の皮膚含水率の形成機序について検討する。その際、皮膚含水率の測定方法に特に注意を払い、可能な限りばらつきを抑えた測定を目指す。

2. 測定の方法

冬季に居室内でデスクワークを行っている人を対象として、肌水分計[注1)]（スカラ社製，MY-808S，静電容量法）により、手首付近の決められた位置の皮膚含水率を被験者自身が 1 日に数回測定し、測定時の室内空気温湿度との関係を調査した。測定時は、温熱環境変化後や皮膚の濡れの影響のある場合を避けるようにした。測定対象は、兵庫県神戸市にある大学の研究室内でデスクワークを行っている学生のべ 8 名とした（表 1）。2012 年 10 月～12 月（調査 A）と 2013 年 10 月～12 月（調査 B）に調査を行っており、調査 A[注2)] では、基礎的検討として、日内の外気および室内の温湿度変動、測定時前の室内外温湿度の履歴の影響、1 日の生活行動記録（行動記録と被験者周囲温湿度測定）等も含め、詳しく調査・分析を行った。一方、調査 B は、調査 A を基に研究室内での室内空気温湿度と皮膚含水率に測定項目を絞り、測定数と被験者数を増やして行った。具体的には、2012 年に 1 名（被験者 A）が調査に参加し、2013 年に 7 名（被験者 A～被験者 G）が調査に参加した。いずれの被験者も研究室配属された学生であり、基本的に日中は研究室でのデスクワークに従事している。

表 1　被験者の属性と測定回数

			調査 A (2012 年 10 月～12 月)		調査 B (2013 年 10 月～12 月)	
		年齢		測定回数		測定回数
A	女	40	参加	104	参加	232
B	男	25	不参加	-	参加	234
C	女	22			参加	268
D	男	21			参加	239
E	男	22			参加	322
F	男	21			参加	257
G	男	23			参加	272

※ 括弧内に期間中の測定回数を示す。
※ 被験者の年齢は、2013 年 10 月時点に合わせた。

測定を行うに当たり、測定器のばらつきの出方などを確認した上で（詳細は付録に記す）、事前に測定方法の詳細（センサー部の接触角度、接触圧、向きなどの統一を含む）について研修を十分に行い、以下の①～⑩の事項について被験者に対して依頼した。なお、測定期間中の被験者の着衣、食事の献立や量、食事場所および生活行動の制限はしていない。

① 同一箇所を測定するために、あらかじめ印をつけた個所を測定する写真を撮り、その写真を測定時に見て位置を確認してから測定に臨むこと[注3)]
② 同じ態勢で測定するために、各自決めた机上で測定を行うこと
③ 研究室内でデスクワーク中に 5 回程度の測定を行うこと（「1 回の測定」の際の繰り返し測定数は 10 とし、10 データの平均値をもって 1 回分の測定データとする）
④ 測定の間隔を 30 分以上あけるようにすること
⑤ 室内に入室後と食事後の測定は、60 分以上経過後に行うこと
⑥ 皮膚含水率の測定は被験者自身で行うこと
⑦ 皮膚含水率の測定値と温冷感および発汗状態を、被験者自身が紙媒体に記録すること
⑧ デスクワーク中には、測定部に着衣の袖がかからないようにすること
⑨ デスクワーク中には、ハンドクリームを使用しないこと
⑩ 発汗時に皮膚表面に付着した液相の汗が測定値に影響を与えるため、皮膚の濡れが明らかに分かるレベルの発汗の場合には測定しないこと

室内温湿度データは、ロガー付き小型温湿度計（エスペック社製，RS-12）を使い 1 分間隔で自動記録した。冬季には、室内で対流式のエアコンを用いたが、秋季には、非空調で自然換気を行った。気流速度は測定していないが、エアコンからの吹き出し風が被験者に直接当たらないように配慮した。外気の温湿度については、気象庁のホームページから得た神戸市のデータを用いる。

測定に用いた肌水分計の表示値（%）は、絶対値として皮膚含水率（皮膚の実質部の質量を基準とした含水率）とは異なるが、皮膚に含まれる水分量に対して比例的に変化する量とは考えられるため[10)]、皮膚含水率の相対的な変動を示す量として位置付けて、以下の調査結果の分析に用いる。

3. 調査結果

3.1 調査 A：（1 年目，10 月下旬から 12 月下旬，被験者 1 名）

（1）外気概況

図 1 に外気温湿度の日平均値を示す。2012 年 10 月～12 月の外気温は、25℃から 0℃程度まで低下する傾向にあった。期間中、12 月 1 日から 2 週間程度、平年より約 10℃低い日があった。外気相対湿度は、平年並みの 60%rh 程度である。温度と相対湿度のデータを絶対湿度に換算すると、10 月から 12 月にかけて 10g/kg(DA)から 2g/kg(DA)程度まで低下する傾向にあった。12 月 1 日から 12 月 11 日まで、絶対湿度が平年より特に低い期間があった。

（2）室内温湿度と皮膚含水率の概況

図 2 に室内温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値）の測定結果を示す。被験者 A（1 名）を対象に 104 回の皮膚含水率の測定

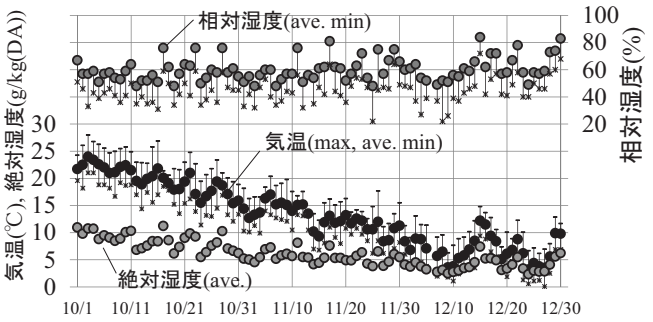

図 1　外気温湿度（日平均値，気象庁データ，神戸，2012 年）

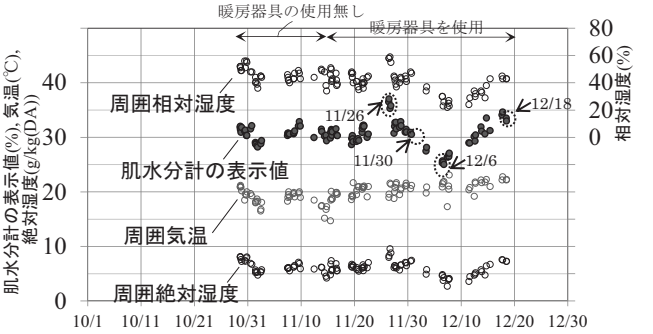

図 2　室内温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（測定値，被験者 A，2012 年 10 月～12 月）

が行われた。肌水分計の表示値は、期間中の平均 30.7%（日毎の S.D. は 0.5～1.0）であり、最小値 25.4%、最大値 36.2%であった。室内空気の日平均値は、気温が 16～22℃程度、絶対湿度が 4～9g/kg(DA) 程度であった。なお、測定期間中、11 月 15 日以降は、室内で暖房器具を用いていた（11 月 15 日までエアコンによる室全体の暖房はない）。具体的な皮膚含水率と室内湿度（相対湿度および絶対湿度）の挙動として、同じタイミングで上下に変動する傾向が図 2 よりわかる。例えば、①「10 月 29 日から 11 月 2 日にかけて低下」、②「11 月 30 日から 12 月 6 日にかけて低下、その後、12 月 18 日まで上昇する」の傾向である。皮膚含水率と室内の気温と同じタイミングで変化する傾向も一部でみられるものの、例えば、前述の②「11 月 30 日から 12 月 6 日にかけて低下、その後、12 月 18 日まで上昇する傾向」では、同じタイミングで上下に変動していない。このように、室内の気温よりも室内の湿度（相対湿度および絶対湿度）の方が、皮膚含水率の変動をより良く説明するといえる。

（3）日内の室内の温湿度変化などが皮膚含水率に与える影響

ここでは、1 日に約 5 回測定した皮膚含水率と室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の変動特性を詳細に検討する。図 3 に測定期間中の 3 日分のデータを示す。日内の皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の上下変動の形を比較したところ、室内の気温と相対湿度よりも室内の絶対湿度の変化に対して、皮膚含水率が同じタイミングで上下に変化していることがわかる。期間中に測定した全てのデータを同様に比較したところ、約 8 割（104 回のうち、81 回）は各測定時の室内の絶対湿度の変化に対して、皮膚含水率も同じタイミングで上下に変化していることがわかった。残りの約 2 割のデータ（23 回）は、室内の絶対湿度の変化に対して同じタイミングで上下に変化していない。この残りの約 2 割のデータの

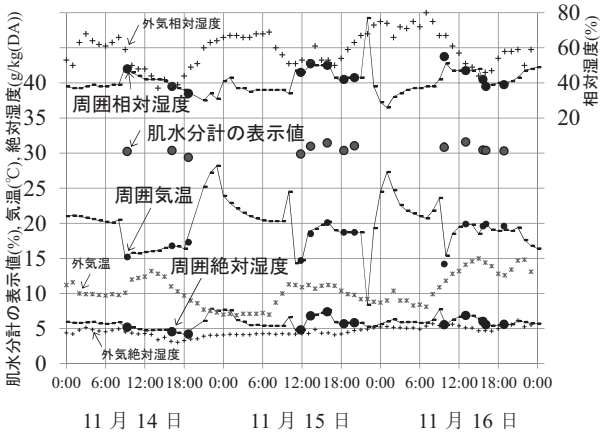

図 3　室内外の温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（測定値）

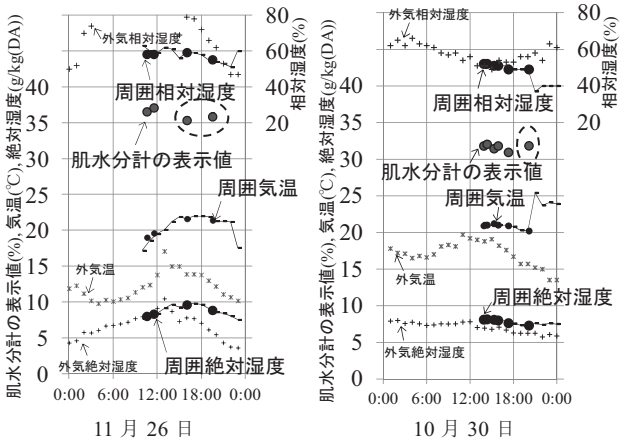

図 4　室内外の温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（測定値）

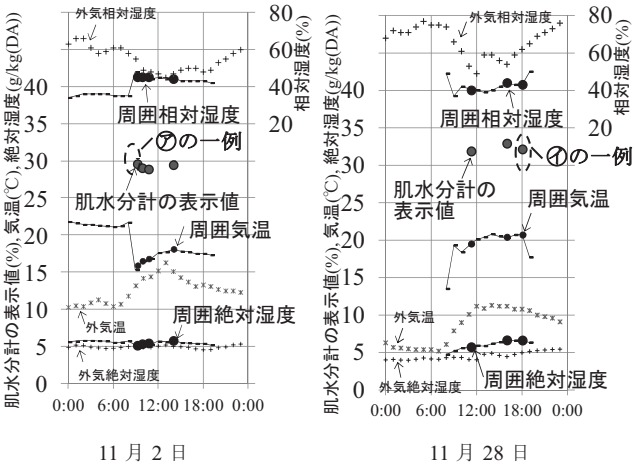

図 5　室内外の温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（測定値）

うち被験者の測定時の記録に基づくと、期間中のエアコン運転開始日にエアコンからの吹き出し風の風向が調整不足のため正午以降に被験者に直接当たったことで皮膚含水率の測定値が低かった可能性や（図 4 の左，破線○で囲み示す）、食事の影響で（食後 60 分経過した後に測定するという教示は守られているものの）皮膚含水率の測定値が高かった可能性（図 4 の右，破線○で囲み示す）がある。また、㋐午前中に測定した 10 時から 11 時位までのデータが室内の絶対湿

度の変化と同じタイミングで上下に変化しにくくなること（図 5 の左に破線○で囲み一例を示す）や、㋑デスクワークを長時間継続した後に測定を行うと値が低くなること（図 5 の右に破線○で囲み一例を示す）も示唆された。㋐については、被験者は就寝前に入浴するが、日によって起床後にシャワー入浴・浴槽入浴をすることがあり、入浴の影響の程度が異なっていた可能性がある。㋑については、デスクワークに集中し過ぎて水分を摂取していなかったことや、椅子に座り続けたことで血液の流れが滞ったことで皮膚含水率の測定値に影響した可能性がある。

日常的な生活行為以外に、皮膚含水率に雨天や低湿日などの絶対湿度の変化が影響している可能性がある。図 2 より、11 月 26 日の皮膚含水率が最も高く、12 月 6 日の皮膚含水率が最も低い。11 月 26 日は、前日から雨で高湿状態であったが、特に登校時に雨が強く、雨に濡れた影響が午前中の測定結果に影響を及ぼしていたとも考えられる。12 月 6 日は、11 月 27 日から 12 月 6 日までの低湿の状態が皮膚含水率を低下させたと考えられる（図 2）。その他、11 月 30 日と 12 月 18 日の日中に室内の絶対湿度がほとんど同じ値であったが、皮膚含水率に関しては、12 月 18 日の方が高い。11 月 30 日は曇天であるのに対して 12 月 18 日は日中小雨の降る天気であったことが影響していると考えられる。室内の温湿度だけでなく、外気の絶対湿度や雨が皮膚含水率に影響している可能性を示唆している。これらのデータは、実際に生じる様々な生活行為や天気・天候あるいは気候の影響を受けた測定値を含んでいるが、基本的には室内の絶対湿度の変化に呼応して皮膚含水率が変化するといえる。

（4）3 か月間の室内温湿度と皮膚含水率の関係

ここでは、1 年目の 3 か月の測定結果から、室内温湿度と皮膚含水率の関係を検討する。

図 6～8 に、秋季から冬季に移行する 2012 年 10 月～12 月の測定期間中の全データについて、皮膚含水率と室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）との対応関係を示す。皮膚含水率と室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）に正の相関関係が認められる。また、室内の相対湿度（R^2=0.43）より、室内の絶対湿度と皮膚含水率との決定係数が高い（R^2=0.57）。

3.2　調査 B（2 年目，2013 年 10 月～12 月，被験者 7 名）

（1）外気概況

図 9 に 2013 年 10 月～12 月の外気の温湿度の日平均値を示す。前年に比べて気温が高く、数日間の上下の湿度変動を伴いながら、温湿度が低下していく傾向であった。期間の前半（11 月 10 日まで）の気温は前年の同期間よりも 2～6℃程度高く、期間の後半（12 月 30 日まで）に平年より 2℃程度低い日が 2～3 日周期で繰り返されたものの、前年のように平年より 10℃程度も低い気温が 2 週間程度も続くことは無かった。相対湿度は、前年よりも全体的に高い傾向を示し、特に 10 月が高かった。絶対湿度に換算すると、10 月から 12 月にかけて 17g/kg(DA)から 3g/kg(DA)程度まで低下したが、10 月中は前年の 2012 年よりも 2～5g/kg(DA)程度高かった。

（2）室内温湿度と皮膚含水率の概況

各被験者の期間中の測定回数は平均 261 回であった。図 10 に、皮膚含水率と室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の時系列の測定結果の一例（被験者 A）を示す。図より、暖房器具を使用しない期間の皮膚含水率は、室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の

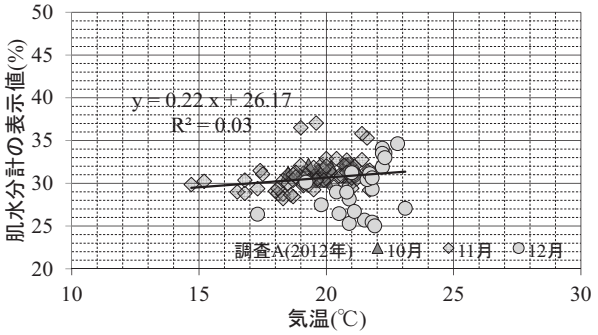

図 6　室内の気温と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（被験者 A，2012 年 10 月～12 月）

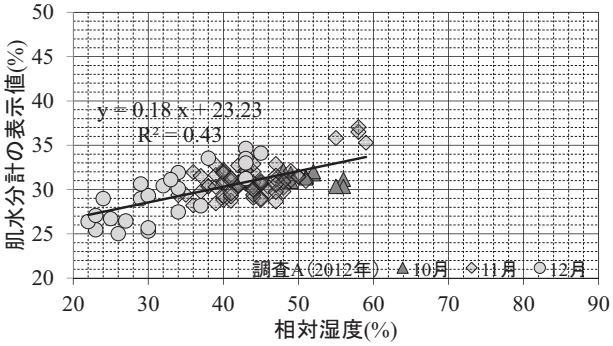

図 7　室内の相対湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（被験者 A，2012 年 10 月～12 月）

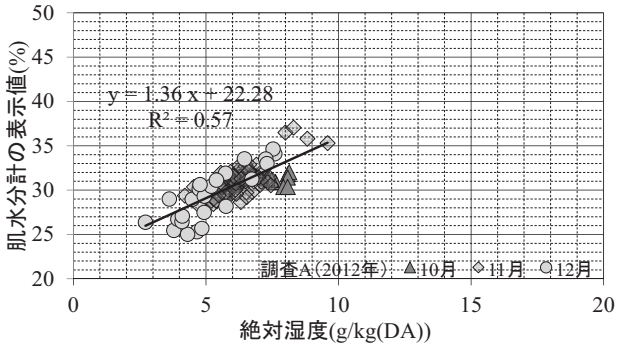

図 8　室内の絶対湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（被験者 A，2012 年 10 月～12 月）

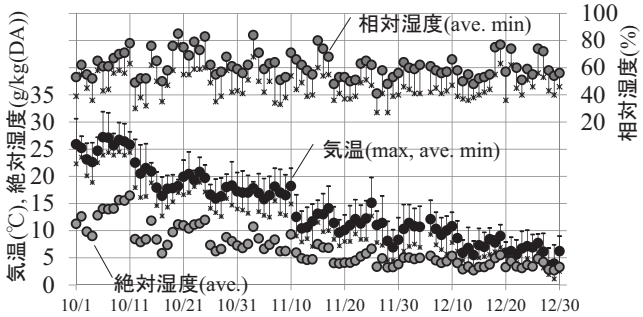

図 9　外気温湿度（日平均値，気象庁データ，神戸，2013 年）

変化とともに上下に変化している。具体的には、10 月 11 日まで高く、その後 10 月 17 日まで下降、10 月 31 日まで山なりに上昇した

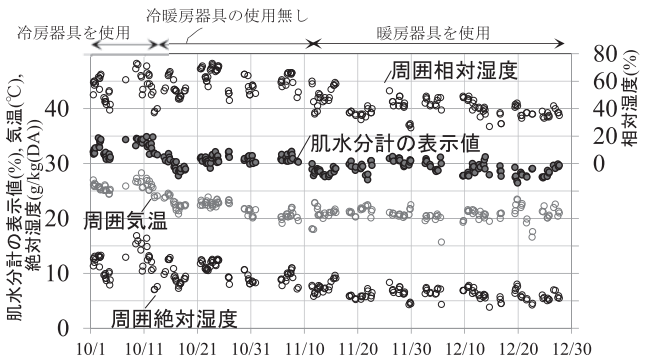

図 10　室内の温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（被験者 A, 2013 年 10 月～12 月）

後 11 月 10 日まで緩やかに下降した。暖房器具使用のある測定期間の皮膚含水率の変化は、1 年目の測定と同様に、室内の気温よりも室内の湿度（相対湿度および絶対湿度）とともに追随して変化する傾向を示している。このように、1 年目と同様、皮膚含水率は室内の気温でなく湿度（相対湿度および絶対湿度）とともに変化する傾向があるといえる。

（3）3 か月間の室内の温湿度と皮膚含水率の関係

ここでは 1 年目に行った調査 A と同様の方法で、被験者 7 名の 3 か月間の調査期間に得られた全データについて、室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）と皮膚含水率の関係を検討する。調査 A の結果から、皮膚含水率に対して、日内の外気温湿度や測定前の室内温湿度の履歴の影響は比較的小さく、測定時の室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の影響が大きいという傾向が得られたため、以降では、室内温湿度との相関を中心に検討する。

図 11 に、室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）と皮膚含水率の被験者 7 名分の相関関係を示す。また、表 2 に、室内の気温、相対湿度、絶対湿度と皮膚含水率の線形近似に対する決定係数（R^2）を示す。

被験者 A の皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）との関係は、皮膚含水率に対してそれぞれ正の相関関係がある（図 11）。特に、室内の気温（R^2=0.42）や相対湿度（R^2=0.31）より、室内の絶対湿度と皮膚含水率との決定係数が高い（R^2=0.52）（図 11（あるいは表 2））。また、同図の月別データの分布から、室内の状態量（気温・相対湿度・絶対湿度）に対して、10 月の皮膚含水率が最も高く、12 月が最も低い傾向であった。

被験者 E, 被験者 F, 被験者 G の 3 名は、被験者 A と同様に、皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）に正の相関があること（図 11）、その相関関係の中で室内の絶対湿度との相関が最も高いこと、月別データの分布から 10 月が最も高く、12 月が最も低いことなど多くの似た傾向を持つ。

被験者 B, 被験者 C, 被験者 D の 3 名は、被験者 A を含む他の 3 名の被験者（被験者 E, 被験者 F, 被験者 G）と「皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）に対して正の相関がある」という点で同様であるものの、室内の気温・相対湿度・絶対湿度に対する皮膚含水率の線形近似に対する決定係数（R^2）は、他の被験者ほど高くない（表 2）。他の被験者（被験者 A と被験者 E, 被験者 F, 被験者 G）と異なる点は、被験者 B と被験者 D はデスクワーク中に測定部を足の腿の上に密着させることや頬杖をつく癖があること、被験者 C の自己申告から体調不良日や自宅での保湿クリームの使用日が多いため、室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）変化とは関係なく皮膚含水率が高くなることなどである。秋山ら[11]の報告によれば、クリームの使用で皮膚含水率が高くなることが示されている。被験者 C の結果は、10 月よりクリームの使用頻度が増えた 11 月～12 月の皮膚含水率が高いことと符合する。また、極力、発汗の無い条件での調査となるよう配慮したが、目視では確認できない発汗の影響を受けた測定値が含まれていることも否定できない。特に被験者 D に関しては、測定時の記録によると、屋外で運動し発汗したものの入室から 60 分経過したため測定したという記述が 3 回判明している（図中に○で囲み示す）。

このように、被験者の生活上の癖やクリームを塗ることの影響を受けていると思われるデータも含まれるが、ほとんどすべての被験者について、室内空気の状態量（気温・相対湿度・絶対湿度）と皮膚含水率に正の相関関係がみられ、気温・相対湿度・絶対湿度の中では、絶対湿度との相関係数が最も高い。

（4）同一被験者の調査 A（1 年目）と調査 B（2 年目）の比較

ここでは 1 年目に行った調査 A（2012 年）と 2 年目に行った調査 B（2013 年）の両方の調査に参加した被験者 A について、測定結果を比較する。

室内絶対湿度と皮膚含水率の関係に着目して、1 年目（図 6～8）と 2 年目（図 11 の被験者 A）の結果を図 12 にまとめて示す。室内絶対湿度の値の範囲が 1 年目と 2 年目とで異なっていることもあり、1 年目の絶対湿度 4～5g/kg(DA)の領域、および 7～10g/kg(DA)の領域では、2 年分のデータを合わせた全体のトレンドから外れたデータも見受けられるため、室内絶対湿度と皮膚含水率の線形近似直線の傾きは、両年で一致していないが、全体としては、室内絶対湿度と皮膚含水率の間に概ね一意の比例関係を認められよう。また、1 年目と同様に、日内の皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の上下変動の形を比較すると、各測定時の室内の絶対湿度の変化に対して、約 8 割の皮膚含水率が同じタイミングで上下に変化しており、1 年目と同様に室内の絶対湿度の変化に呼応して皮膚含水率が変化するという傾向がある（図は省略）。

4.　考察

4.1　室内温湿度変動による皮膚含水率の形成機序

筆者ら[2)～3)]はこれまでに、実験室内における絶対湿度のステップ変化に応じた皮膚含水率の測定により、湿度変化の影響が皮膚表面から伝播するという特徴や、皮膚表層領域の含水率の湿度応答特性の一部を明らかにし、絶対湿度の変化が皮膚含水率に影響することを示してきた。本論文では、皮膚の濡れの影響（汗・手洗い・入浴など）を極力排除しつつ日常の生活環境下において測定を行った結果、被験者によって測定期間中の皮膚含水率の平均レベルや測定期間中の室内温湿度に対する皮膚含水率の変化の大きさに差がみられるものの、実験室での実験結果と同様に、人体周辺の気温や相対湿度よりも絶対湿度の変化が皮膚含水率により大きく影響することを示した。このことは、青木ら[5)]のアトピー性皮膚炎のある協力者を対象とした調査にある空気絶対湿度の低下に伴って皮膚含水率が低下するという傾向にも符合する。

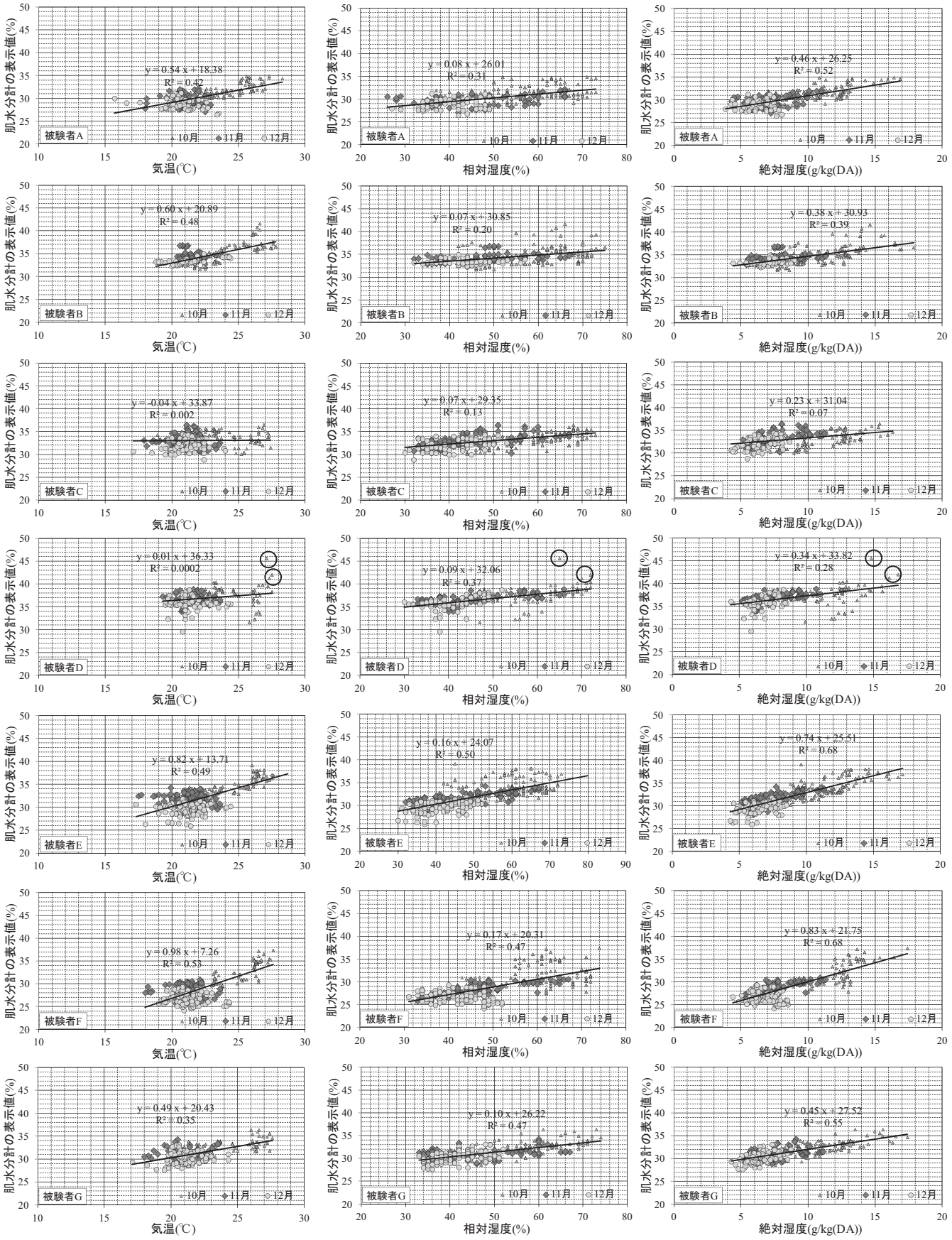

図 11　室内の温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（n=7, 2013 年 10 月～12 月），屋外で運動し発汗後に測定したと申告のあった測定を〇で囲み示す（ただし、入室後 60 分以上経過してからしか測定を行なわない、という教示は守られている）

表 2　室内温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値）の線形近似に対する決定係数（R^2），　2013 年 10 月～12 月

	θ	RH	X		θ	RH	X
A	0.42	0.31	0.52	E	0.49	0.50	0.68
B	0.48	0.20	0.39	F	0.53	0.47	0.68
C	0.00	0.13	0.07	G	0.35	0.47	0.55
D	0.00	0.37	0.28				

※ θ:室内気温, RH:室内相対湿度, X:室内絶対湿度を表す。

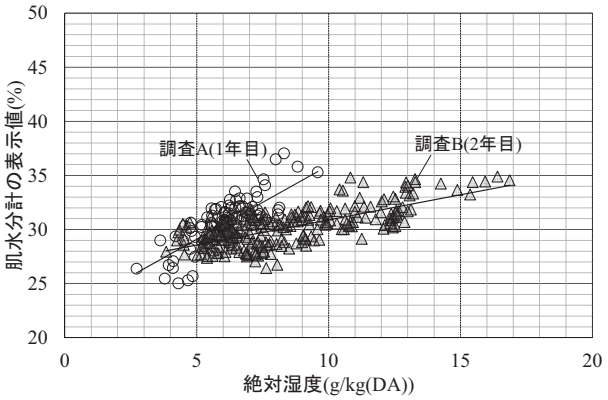

図 12　調査 A（1 年目）と調査 B（2 年目）の室内温湿度と皮膚含水率（肌水分計の表示値），（被験者 A）

4.2　測定部位が皮膚含水率に及ぼす影響

本論文では、測定する部位を着衣に覆われず一年中空気に曝される部位の中から、角層の厚みが中程度であるといわれる手首の頭骨付近を選定した。皮膚含水率の応答は、皮膚の状態や着衣に覆われている状態かどうかで変わる可能性が高いと考えられる。全身のうち、着衣に覆われる可能性が最も少なく空気曝露の影響を受ける部位は、顔と手に限られてくる。顔は、化粧が施されると露出部皮膚とは言い難い。これらの点を踏まえると今回の手首付近の測定は、露出部皮膚の代表的な皮膚含水率の実態を調査したと位置付けられる。

4.3　皮膚含水率測定の方法が結果に及ぼす影響

本論文では、既往研究 [4)～6)] と同様の接触式の皮膚含水率測定器（肌水分計）を採用したが、測定時の押し圧、角度、測定位置など測定のばらつきを生じさせる要因をあらかじめ明確にし、ばらつきを抑える方法を考案し、それを徹底して測定を行った。室内温湿度が皮膚含水率に及ぼす影響が明確に示されたのは、これらが奏功したものと思われる。また、接触式の測定であるため、発汗など皮膚の濡れがデータに直接影響する。この影響を極力排除して測定を行ったことも重要な点であると考えている。

5.　まとめ

日常生活における室内温熱環境と皮膚含水率の関係を把握する目的として、研究室でデスクワークを行う学生を対象に、秋から冬にかけての 3 か月間に皮膚含水率の実態調査を 2 年にわたり行った。

1）1 年目の調査では、日内の室内の温湿度変化が皮膚含水率に与える影響と、3 か月間の測定データから皮膚含水率と室内温湿度との対応関係を検討した。日内の皮膚含水率と室内の温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）の上下変動の形から、約 8 割のデータについて、測定時の室内の絶対湿度の変化に対して同じタイミングで上下に変化していることが示された。また、残りの約 2 割のデータについて、測定時点での室内温湿度以外の要因（測定上の突発的不具合、実生活上の生活行為、天気や天候あるいは気候などの影響）によりその挙動を説明できる可能性が示された。

2）2 年目の調査では、複数の被験者を対象に、3 か月間の測定データから皮膚含水率と室内温湿度との対応関係を検討した。その結果、皮膚含水率と室内温湿度（気温・相対湿度・絶対湿度）との間に、皮膚含水率に対してそれぞれ正の相関関係を持つこと、特に室内の絶対湿度と皮膚含水率との間で高い正の相関関係を持つことが、被験者の共通の傾向として示された。

3）1 年目と 2 年目の両方の調査に参加した被験者の結果から、室内の温湿度に対する変化特性、特に、室内絶対湿度に対する皮膚含水率の変化特性について概ね再現性があることが確認された。

4）既に実験室実験により、絶対湿度の変化が皮膚含水率に影響するパラメータであることを明らかにしていたが、今回の調査結果から、日常の室内環境条件下においても、発汗・手洗い・入浴等による皮膚の濡れの影響を除けば、その時点での室内絶対湿度が、気温や相対湿度よりも皮膚含水率をよく説明するパラメータであることを明らかにした。

付録

肌水分計（スカラ社製，MY-808S，静電容量法）の測定方法の違いによる測定値のばらつきを比較した。

（1）方法

細心の注意を払った測定方法（以降、通常の測定方法という）と通常の測定方法から検討項目のみ意図的に変えた測定方法で皮膚含水率を測定する。通常の測定方法に対して、検討項目は、図 A-1 に示す、肌と肌水分計センサー部の接触角度やセンサーの押し圧などの 7 項目である。

以下の、通常の方法と 2～8 までの 7 項目について、順番に各 10 回ずつ測定を行う。
1. 通常の測定方法（細心の注意を払った測定方法）
2. センサーの押し圧のみが弱い（以降、弱いという）
3. 皮膚とセンサーの接触角度のみをランダムに変える（以降、角度という）
4. 測定の場所のみを 2cm 程度ずらして変える（以降、位置という）
5. 皮膚にあてるセンサーの向きのみ 90 度変える（以降、センサーの向きという）
6. 測定部にのみ力を入れて筋肉を縮める（以降、力みという）
7. センサーの押し圧のみが強い（以降、強いという）
8. 測定部分のみ測定のたびに動きやすい（以降、動くという）

図 A-1　測定方法の違いによる比較項目

（2）結果

通常の測定方法に比べて、3.（角度）,4.（位置）,8.（動く）項目のみを意図的に変えて測定した場合、測定値のばらつきが大きくなる（図 A-2）。いずれも、皮膚とセンサー部の接触に関する項目のみを変えた場合である。この結果が示すように、同じ被験者であってもわずかな場所の違いやセンサーや押し圧などで、測定値のばらつきが大きくなり、評価が難しくなる。

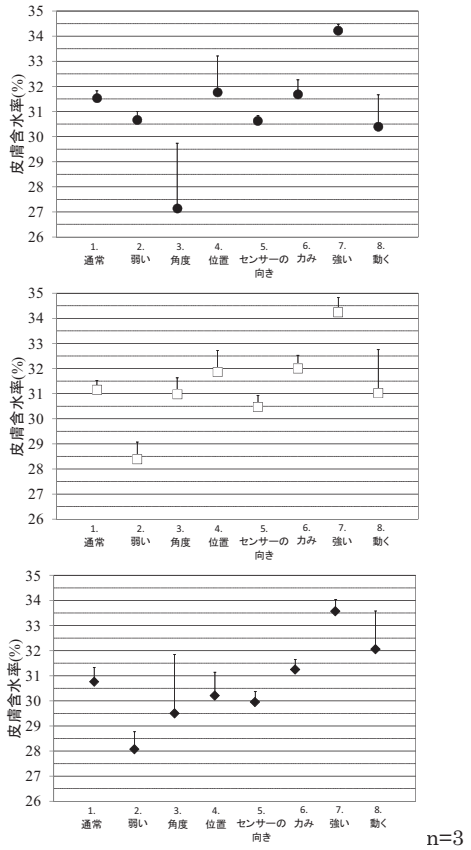

図 A-2　肌水分計の含水率測定の精度の比較（各 10 回の平均+S.D.，細心の注意を払った測定方法（通常）から番号の事項だけを変更した場合：1 通常，2 押し圧のみ弱い場合，3 皮膚とセンサーの接触角度のみ変える場合，4 測定の場所のみずれる場合，5 皮膚にあてるセンサーの向きのみ 90 度異なる場合，6 測定部にのみ力を入れる，7 押し圧のみ強い場合，8 測定部分のみ動きやすい場合，n=3）

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B）（課題番号 25289195, 研究代表者：高田暁）の助成を受けた。記して謝意を表する。

注

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 10μm までの領域が 80%, 200μm 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侵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 [10]。

注2）調査 A は被験者への負担が大きく、協力の得られる被験者が限られたという事情もあり、調査 A に参加した被験者 A の年齢（40 歳）が、調査 B に参加した他の被験者の年齢（20 歳代前半）と離れてしまった。本研究では皮膚疾患を持たない一般の成年者を対象としており、その範囲に含まれているという点で被験者 A が特別であるというわけではない。測定部付近の皮膚の状態や本研究の皮膚含水率の測定 [3] において、被験者 A と他の被験者とに特別な差は見当たらない状況であり、また、白井ら [9] によれば、年齢の違いによる皮膚含水率の特徴的な傾向は得られていないという報告もある。以上より、被験者 A の年齢が他の被験者の年齢と離れていることは、本研究の結論にほとんど影響しないと考えているが、年齢に応じた皮膚含水率の挙動について研究の余地は残されていると思われる。

注3）測定の差異を小さくするために、冬季の実態調査では、長袖を着用することが想定できたため、常に露出する橈骨(トウコツ)の横方向付近に測定位置を決め、マーカーにてマーキングし測定器の測定方向を統一した。肌水分計による測定のばらつきを考慮して、1 度の測定に、約 10 回測定を行い、その平均を測定値とする。

参考文献

1）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. 06

2）開原典子，高田暁，松下敬幸：室内湿度変化に対する皮膚含水率の非定常応答のモデル化， 日本建築学会環境系論文集 第 79 巻 第 697 号，pp. 233-239，2014. 03

3）開原典子，高田暁：周辺空気の絶対湿度変化に対する皮膚含水率の経時変化の測定，人間と生活環境，Vol. 21，No. 2，pp. 67-74，2014. 11

4）青木哲， 須藤千春， 水谷章夫， 大澤徹夫：室内温湿度環境とアトピー性皮膚炎，日本建築学会環境工学委員会 熱環境運営委員会 第 35 回熱シンポジウム，pp. 69-72，2005. 11

5）青木哲，水谷章夫，須藤千春：アレルギーをはじめとした各種症状と冬季湿度環境との関連， 日本建築学会環境工学委員会 熱環境運営委員会 第 40 回熱シンポジウム，pp. 13-18，2010. 10

6）磯部政周，岩前篤：温湿度変動の肌水分に与える影響に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp. 609-610，2010. 09

7）藤田友香， 山本亨， 田村照子， 福岡義隆：皮膚に及ぼす気象要素の影響-夏季・秋季について-，地球環境研究，10，pp. 49-67，2008. 03

8）徳留康子，田上八朗：皮膚の老化と角層の水分保持機能 -小児との比較における老人の身体各部位の季節による角層水分含有量の変化の特徴- ，日皮会誌，96(5)，pp. 493-496，1986. 04

9）白井喜代子，山本尚武，奥田博之：成人女性の前腕表皮角質層の水分量測定，母性衛生，44，4，pp. 504-511，2003. 12

10）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，日本化粧科学会，1996. 07

11）秋山庸子， 武田真一， 泉佳伸， 江間喜美子， 西嶋茂宏：皮膚の力学的特性に及ぼす塗布エマルションの効果， 福祉工学シンポジウム講演論文集 2003(3)，pp. 217-218，2003. 11

SURVEY OF RELATIONSHIP BETWEEN SKIN MOISTURE CONTENT AND TEMPERATURE-HUMIDITY FOR INDOOR OCCUPANTS

Noriko KAIHARA and Satoru TAKADA***

* Senior Researcher, Department of Environmental Health, National Institute of Public Health, Dr. Eng.
(Former Grad. Student, Graduate School of Eng., Kobe Univ.)
** Assoc. Prof., Dept. of Arch., Graduate School of Eng., Kobe Univ., Dr. Eng.

In order to clarify the influence of indoor temperature and humidity on the change in skin moisture content in daily life, skin moisture content of students engaging in sedentary works in a standard room in a university were measured along with the temperature and humidity of the room where the involving students were staying, from autumn to winter for two years.

1) In the first year survey, the skin moisture content was measured for one subject. It was indicated from the 80% of the whole data that the fluctuation of the skin moisture content changed following the fluctuation of the indoor absolute humidity. Further, for the other 20% of data, it was possible to explain their behavior by spontaneous activities by the subjects and the outdoor climate such as rainfall or humidity trend. In addition, the correlation between skin moisture content and indoor temperature-humidity was studied, and it was shown that the absolute humidity showed the highest positive correlation among the indoor air temperature, relative humidity and absolute humidity.
2) In the second year survey, the skin moisture content was measured for seven subject including one subject who attended the first year survey. As the result, it was shown that the indoor hygrothermal parameters (air temperature, relative humidity, absolute humidity) positively correlated with the skin moisture content and that the correlation coefficient with absolute humidity was the highest among the three parameters. At the same time, it was found that the daily fluctuation of skin moisture content followed the fluctuation of indoor absolute humidity, and this trend was common to all subjects.
3) From the results for subject who was involved in the surveys for both years, the relationship between skin moisture content and indoor absolute humidity was found to be consistent.
4) From the results of these investigations, it was shown that in ordinary daily life, the indoor absolute humidity has the stronger influence on the skin moisture content than indoor air temperature and relative humidity.

（2016 年 8 月 10 日原稿受理，2017 年 1 月 10 日採用決定）