

# 低湿度が人間に与える影響の調査研究

## Studies on the Influence of Low Humidity in Humans

株式会社テクノ菱和 技術開発研究所

Techno Ryowa Ltd. R&D center

唐木千岳

Chitake KARAKI

九州大学大学院 芸術工学研究院

Faculty of Design, Kyushu University

栞原 裕、橋口暢子、平川 恵、徳永英治、鮮于裕珍

Yutaka TOCHIHARA、Nobuko HASHIGUCHI、Megumi HIRAKAWA、Eiji TOKUNAGA、Yujin SUNWOO

キーワード：低湿度 (Low Humidity)、病院 (Hospital)、生理反応 (Physiological Responses)、  
心理反応 (Psychological Responses)、高齢者 (Old Age)

### 1. はじめに

冬季になると、オフィスやホテル、病院や高齢者施設など、暖房設備が整った施設では施設全体が過度の低湿度環境になる事が指摘されている。高齢者施設の調査では、生活の場所である施設においても相対湿度が30%前後と低いことが明らかになっている。

冬季の低湿度環境では、気道粘膜が乾燥し、荒れて細菌に感染し易くなるとともに、インフルエンザウイルスの生存率が高まるなどの理由から、風邪や呼吸器疾患に罹患し易いとされている。特に、抵抗力の低下した高齢者は若年者より低湿度の影響を受け易いと考えられる。高齢者は、環境条件の影響を受け身体に異常をきたし易く居住環境の温湿度条件が重要であると言われている。さらに、家に居ることの多い高齢者にとって、居住環境は日常生活や健康面に大きな比重を占めていることから、高齢者を対象とする低湿度の研究が必要であると考えられる。

そこで、我々はこのような低湿度環境が人間にどのような影響を与えるのかについて、特に高齢者への影響も含めた調査研究を行ってきた。本稿では、1)から5)の研究結果について報告する。

- 1) 加湿器導入による病室内温熱環境と患者及びスタッフの主観的評価の変化
- 2) 長時間座位時に低湿度が人間の生理反応に与える影響
- 3) 低湿度環境が人間の生理・心理両面に及ぼす影響（高齢者と若年者との比較）
- 4) 同上の検証実験において生理反応からみた低湿度環境の許容値に関する研究
- 5) 冬季における湿度・気流の違いが入浴後の生理・心理反応に及ぼす影響

## 2. 加湿器導入による病室内温熱環境と患者及びスタッフの主観的評価の変化

本研究では、健康に最も配慮されているはずである病院での、特に高齢者を対象とした長期滞在型病院において、冬季温湿度環境の実態を測定し、実験的に加湿器を設置した際の効果を検討した。さらに、長期間病院に滞在し、その環境に曝されている患者、および勤務しているスタッフの主観評価から、湿度が与える影響と加湿器設置の効果を検討した。

### 2-1. 調査概要

#### 1) 対象施設

調査は福岡県南部に立地する長期滞在型の病院で行った。病院は地下1階地上5階建のRC造、延床面積6428.7㎡、病床数は150床である。測定の対象は、西向病棟の2階、3階、東向病棟の4階とした。病室は1~4人部屋で構成され、各病室の面積は2人部屋が16~18㎡、3人部屋が21~24㎡、4人部屋が32~34㎡である。空調方式は4段階風量調節可能なビル用マルチシステムであり、温度調節はナースステーション（以下NS）にて一括管理されている。

#### 2) 対象者

病院に入院している患者36名と、対象病院に勤務しているスタッフ（看護婦、介護福祉士等）45名を対象とした。加湿器を設置した病室の患者は14名（グループA）、加湿器を設置しない病室の患者は22名（グループB）であり、NSに加湿器を設置した階のスタッフは15名（グループC）、設置しない階のスタッフは30名（グループD）であった。

表1 調査対象者

グループ	対象	加湿器	人数(名)	年齢(平均±S.D.)
A	患者	有	14(男性3,女性11)	69.4±14.0
B		無	22(男性7,女性15)	72.0±13.5
C	スタッフ	有	15(男性2,女性13)	40.1±10.0
D		無	30(男性5,女性25)	37.9±12.2

### 2-2. 調査方法

#### 1) 調査期間

測定期間は、平成12年11月30日から平成13年2月22日までの約3ヶ月間で、測定開始から8週間後の、平成13年1月25日から4週間、加湿器の運転を行った。分析に用いたデータは、温湿度データ及び主観評価ともに、加湿器設置前後各4週間分を使用した。

#### 2) 温湿度測定

小型メモリー型温湿度計を設置し、30分周期で測定を行った。設置場所は各階の病室・廊下・トイレ・食堂・NSと、浴室（2階・4階）・外気（3階）の全59ヶ所とした。病室内での測定位置は、患者の枕元でベッドよりも10cmほど高く、車椅子使用時に身体の中心部近くになる床上60cmに設定した。廊下・トイレ・食堂・NS・外気温の設置位置は床上110cmで測定した。

#### 3) 加湿装置

設置の対象となった部屋は、各階病室二部屋ずつ（グループAの病室）と気管切開患者の病室、NS（グループC）の計8箇所とした。加湿器は蒸気ファン式加湿器（SHARP製、HV-77F）で、加湿量約770(ml/min)、適用床面積が35㎡のものを、一部室に一台ずつ設置した。

#### 4) 主観評価

温湿度の測定と並行し、毎週一回、患者とスタッフに経時的なアンケート調査と、加湿器設置前後に一回ずつ、別のアンケート調査を行った。経時アンケートの内容は、患者は今現在の状態に関して、スタッフは今を含め過去2、3日の状態に関して、体調、温冷感、乾湿感、快適感、肌の渇きやかゆみ、喉の渇きに関する質問を行った。

## 2-3. 計測結果

### 1) 温湿度測定

#### ①加湿器設置前後の温湿度 (図1)

病室の平均気温は、グループAの病室の加湿器設置前が21.0℃、後が20.9℃、グループBの病室の設置前が21.1℃、後が20.9℃で、有意な差はなかった。平均湿度は、グループAの病室の加湿器設置前が33%、後が44%、グループBの病室の設置前が33%、後が37%で、設置前に両グループに差は無かったが、設置後はグループAの方が有意に高くなった。

#### ②一日の温湿度変化(図2)

気温は設置前後に大きな差は見られなかった。湿度は、加湿器設置前と比較すると設置後が各場所すべての時間帯で上昇した。NSの加湿器設置前が全体的に最も低く、1日中ほぼ30%以下であった。また設置後もオープンスペースのため40%以上には上昇しなかった。特に加湿器を設置した病室では、どの時間帯においても10%以上上昇し、ほぼ40%以上を保つことができた。

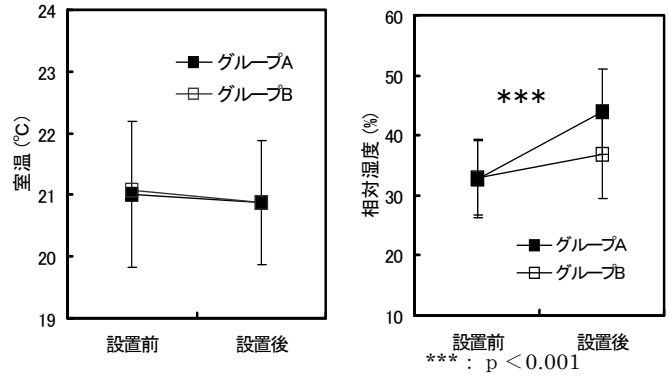


図1 加湿器設置前後の温湿度

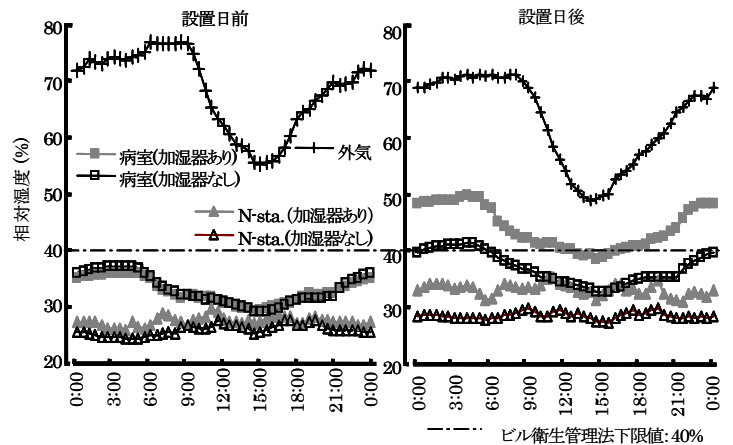


図2 湿度の日内変動

### 2) 主観評価調査結果

#### ①温冷感 (図3)

グループA・Bともに、「どちらでもない」の割合が設置後10%以上増加し、暑さや寒さを訴える割合が減少した。グループCでは、「どちらでもない」の割合が2%増加し、ほぼ変化が無かったが、グループDでは8%増加し、暑さを訴える割合が減少した。グループDでは乾燥感の訴えが前後とも80%以上を超え、設置前後でほぼ変化が無かった。

#### ②乾湿感 (図4)

グループAで設置後に湿りを感じる割合が10%近く出現したが、有意な差はなかった。グループBでは乾燥を訴える割合が少なく、4%の増加であった。

グループCで乾燥感を意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。グループDでは前後の変化はほとんどみられなかった。

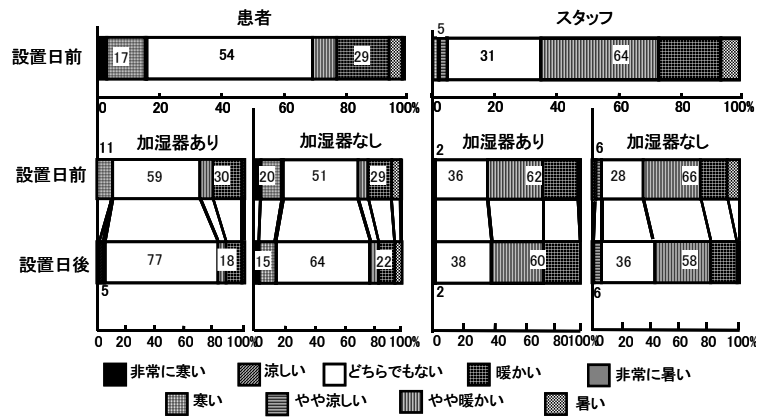


図3 温冷感評価

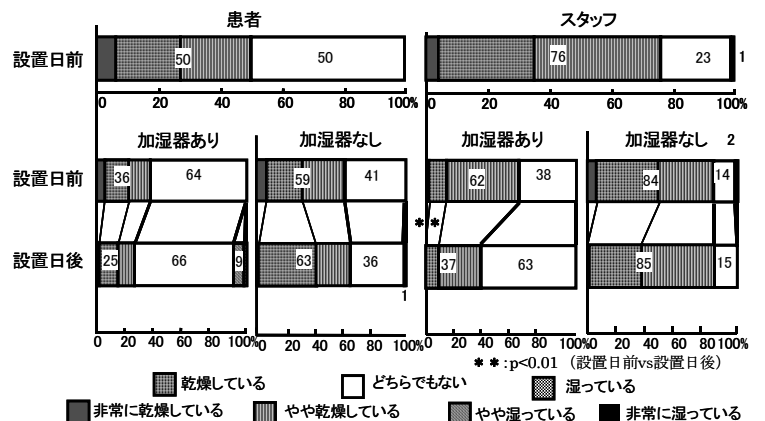


図4 乾湿感評価

### ③快適感 (図 5)

グループ A では「快適」の割合が約 10%増加したが、グループ B ではほぼ変化しなかった。グループ C では「快適」を訴える割合が約 20%増加し、統計的に有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。グループ D では前後の変化はほとんどみられなかった。

### ④肌の渇きやかゆみ (図 5)

グループ A では設置前にかゆみを訴える割合が 45%あり、設置後は 32%に減少したが有意な差は見られず、グループ B では訴えの変化はなかった。スタッフでは設置前約 50%の割合で訴えがあったが、後には 10%減少した。グループ D では、前後で変化は無く 80%以上の割合で訴えがあった。

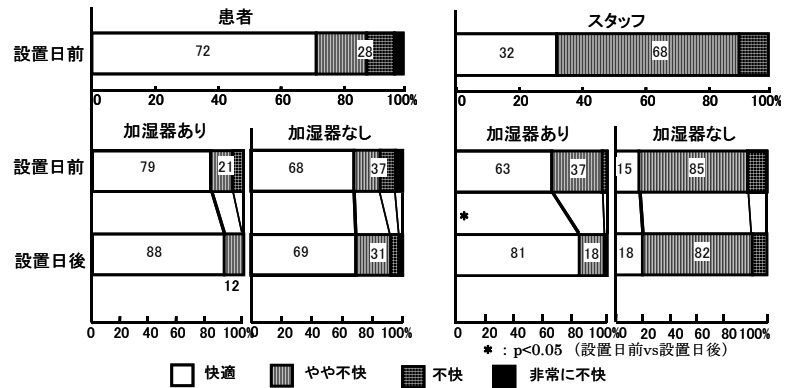


図 5 快適感評価

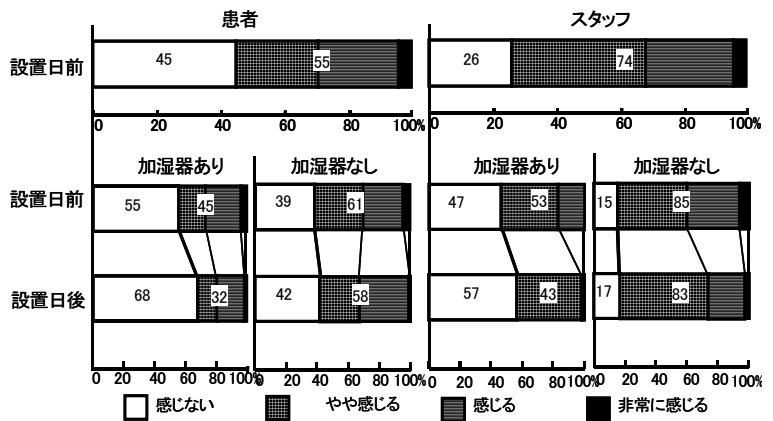


図 6 乾燥感や掻痒感評価

## 2-4. まとめ

加湿器導入による湿度への影響は、加湿器設置日前と比較すると平均相対湿度が 40%以内に達しない病室もあったが、全体としては上昇し、加湿は有効であったといえる。しかしナースステーションでは 40%以上に上昇せず、日毎変化や、日内変動からも見ても有効であったとはいえない。このことから、病室、ナースステーションの広さは今回使用した加湿器の適用床面積内であったが、病室やナースステーションといった場所は常に開扉されており、今回用いた加湿器による加湿には限界があることがわかった。有効な加湿を行うためには、施設全体を加湿するといった加湿システムを導入し、病院施設や高齢者施設の温湿度環境を調整することが重要である。

主観評価では、加湿器ありのスタッフの快適感と乾燥感にのみ有意な差が認められた。しかし、患者では加湿器ありで、快適感や乾湿感で不快感や乾燥感の訴えが減少したものの、すべての項目において有意差は認められなかった。患者は設置日前の段階で、乾燥感や不快感を訴える割合がスタッフに比べ少なく、「快適感」では 7 割から 8 割の人が「快適」と回答しており、現状に満足している人が多かった。このように、スタッフでは加湿器設置により有意に訴えが改善したが、患者では大きな影響が無かった。これは、高齢者の多い患者群では、加齢に伴い温熱に対する感覚が低下することと同様に、乾燥に関してもよりの確に評価が行われなかったことが要因の一つと考えられる。また、スタッフへの、加湿器導入に関する調査結果から、60%以上が加湿器の設置を行った方が良いと回答しているが、90%近くのスタッフはメンテナンスが面倒であると回答し、その理由として、水の補給や作動の確認、運転音などをあげている。このことから、メンテナンスフリーの加湿器により加湿することが望ましいと考えられる。

以上の結果から、病院や高齢者施設における加湿の重要性や、その方法について改善の必要性が確認できた。現状のマルチエアコンシステムでは別途に加湿器を設置しなければならず、補給水等の維持管理も煩雑である。今後は、加湿器や熱交換器等を内蔵した高性能小型空調機を検討し、病院関連施設への対応を図って行きたい。

### 3. 長時間座位時に低湿度が人間の生理反応に与える影響

近年コンピュータの発達によるデスクワークや海外旅行、列車旅行等、私達の日常生活において長時間座ったままの姿勢で過ごすことが増加している。長時間座位は、いわゆるエコノミークラス症候群の原因になる血栓を発生する要因の1つと考えられ、航空機での旅行にとどまらず、列車旅行やオフィスでのデスクワークでも起こる可能性があるとして注目されるようになっている。

そこで本研究は、長時間座位において湿度の違いが生理機能に及ぼす影響を検証することを目的として以下の検証を行った。

#### 3-1. 検証概要

##### 1) 測定条件

被験者は20~25歳（平均22.7歳）の健康な男子大学生9名とした。実験は平成14年8月~9月、九州大学の環境適応実験施設、実験室No.1で行った。温湿度は、空調設備としてエアコンだけを装備した日本のオフィスを想定し、中等湿度環境として気温24℃、相対湿度60%、低湿度環境として気温24℃、相対湿度20%の二条件とした。

##### 2) 測定項目

###### ①心拍数、血圧、体重

心拍数と血圧は、実験開始から実験終了まで10分ごとに記録した。体重は、実験前と実験後にそれぞれ2回ずつ測定した値を平均して記録した。

###### ②下肢周径

下肢周径の計測は、メジャーを用いた。測定部位は左足の下肢の上部と下部2ヶ所とし、腓頭骨から外果までを三等分した上部を下肢周径上部、下部を下肢周径下部とした。

###### ③静脈容量・静脈流出量

測定は、動脈止血用のカフに約180mmHgの圧を加え安定した後、静脈止血用のカフに約60mmHgの圧を加えた。約2分後静脈止血用カフを脱気して、数秒おいて測定を終了した。

###### ④血液生化学検査

採血は、椅座位の状態で行った。実験室内で行った。分析は外部機関へ依頼した。

<血液データ>

- ・総蛋白
- ・アルブミン
- ・A/G比
- ・赤血球数
- ・ヘモグロビン量
- ・ヘマトクリット
- ・血小板数
- ・フィブリノーゲン
- ・血中FDP

##### 3) 実験手順

被験者は入室後、椅子に深く腰掛け、膝の角度が約90°になるようにした。ストレインゲージを下腿に巻き、心拍数測定用のセンサーを取り付け、血圧測定用カフを右上腕部に巻いた。その後、静脈容量・静脈流出量、下肢周径を測定した。実験前の血圧、心拍数記録後、実験を開始し、実験中は、下肢を動かさないように注意をした。安静椅座位の後、下肢周径測定、血液採取、静脈容量・静脈流出量を測定し退室した。実験室を退室後、体重測定を行い実験を終了した。

#### 3-3. 測定結果

##### 1) 心拍数、血圧、体重

心拍数や血圧に与える影響は無かった。実験前後の体重の変化は、両条件とも実験前に比べ、実験後に有意に減少した。

##### 2) 下肢周径 (図7)

実験前後の下肢周径上部および下部の周径変化は、2条件とも実験前に比べ実験後に有意な上昇を示した ( $p < 0.01$ )。

### 3) 静脈容量 (図 8)

実験前後の静脈容量は相対湿度 20%条件下で、実験後に有意に減少した。減少量に有意差はみられなかったものの、相対湿度 20%条件下において減少傾向が大きかった。

### 4) 静脈流出量

実験前後の静脈流出量は、相対湿度 20%条件下で実験前に比べ実験後に有意に減少した。

減少量に有意差はみられなかったものの、相対湿度 20%条件下において減少傾向が強いことが認められた。

### 5) アルブミン (図 9)

実験前後のアルブミンの変化結果は、2条件とも実験後が実験前より有意に増加した。増加量に有意差はみられなかったものの、相対湿度 20%条件下で増加傾向が強いことが認められ。

### 6) ヘマトクリット

実験前後のヘマトクリットの変化結果は、低湿度環境下において実験前に比べ、実験後に増加傾向を示した。

## 3-4. 考察

長時間座位後には、不感蒸泄により水分蒸発が生じ、体重が減少したと考えられるが、今回は体重の測定を着衣時に行ったため、水分が着衣に移り、湿度条件間で大きな差異が認められなかったと思われる。

下肢周径の増加は、長時間座位による下肢血流の停滞と筋ポンプ作用の減少による足のむくみの影響であると考えられる。

静脈容量、静脈流出量が減少したのは、下肢に血液が貯留していた可能性が考えられる。血管内の脱水が進み、血液粘度が上昇した低湿度環境下では静脈血流の変化量が減少したと思われる。

アルブミンを血管内脱水の指標として用いた。長時間座位によって、下肢への血液貯留が生じ、その結果、血管外への水分移動により血管内脱水が生じたと思われる。

ヘマトクリットは、血液粘度の指標に用いた。両条件ともヘマトクリットが有意に増加したことから、長時間座位によって血液粘度が上昇したと考えられる。特に低湿度環境下において、増加傾向が強かったことから、血液粘度の上昇の傾向が強められたと思われる。また、赤血球数、ヘモグロビン量、フィブリノーゲンが増加したことからも、血液粘度が上昇したことが考えられる。

## 3-5. まとめ

長時間座位による生理変動は、先行研究と同様に血液粘性の増加が認められた。また、本実験においては静脈容量、静脈流出量、アルブミン、ヘマトクリットの結果から、低湿度環境下では局所的な血管内脱水や血液粘度の上昇が促進され易いことが認められた。本実験により、低湿度環境下において長時間座位は、血栓の発生を高める可能性が高くなることが示唆された。

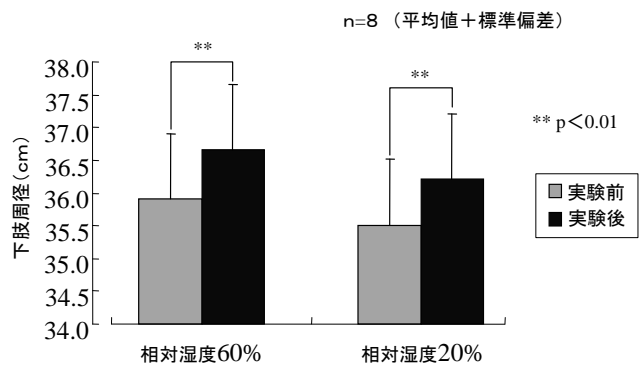


図 7 実験前後の下肢周径下部の変化

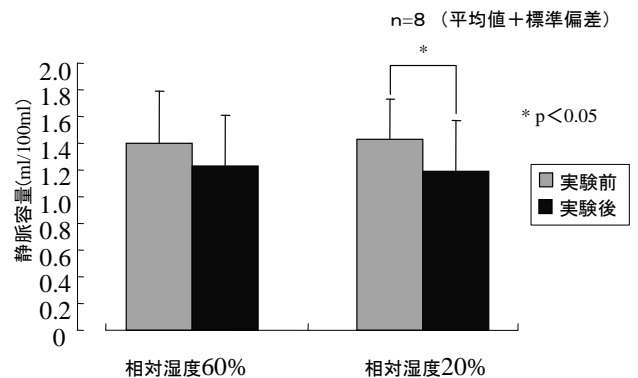


図 8 実験前後の静脈容量の変化

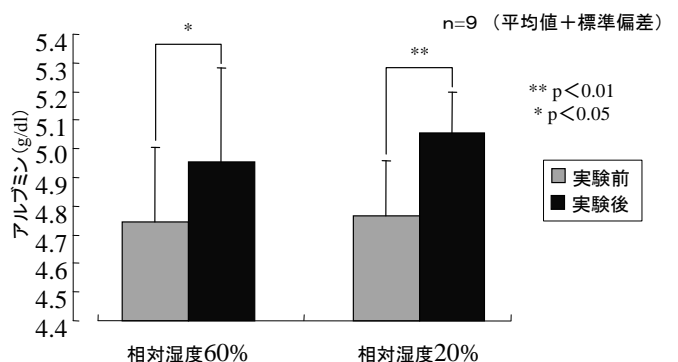


図 9 実験前後のアルブミンの変化

## 4. 暖房時の低湿度が人間の生理心理反応に与える影響 — 高齢者と若年者の比較 —

冬季の低湿度環境では、気道粘膜が乾燥し、荒れて細菌に感染し易くなるとともに、インフルエンザウイルスの生存率が高まるなどの理由から、風邪や呼吸器疾患に罹患し易いとされている。特に、抵抗力の低下した高齢者は若年者より低湿度の影響を受け易いと考えられる。高齢者は、環境条件の影響を受け身体に異常をきたし易く居住環境の温湿度条件が重要であると言われている。さらに、家に居ることの多い高齢者にとって、居住環境は日常生活や健康面に大きな比重を占めていることから、高齢者を対象とする低湿度の研究が必要であると考えられる。

そこで、冬季暖房時に生じる低湿度環境が、高齢者の生理・心理反応に及ぼす影響を、上部気道粘膜の活動性や眼球粘膜について、若年者との比較検証を行った。

### 4-1. 検証概要

#### 1) 測定条件

被験者は健康な男子高齢者と男子学生の中で、鼻の疾患が無く、喫煙をしないそれぞれ8名を選別とした。実験は冬季の暖房時期として、平成16年2月～3月に九州大学の環境適応実験施設で行った。実験室の温湿度条件として、前室は気温25℃、相対湿度50%で一定とし、主室は気温25℃、相対湿度10%、30%、50%の3条件で実験を行った。被検者は安静座位とした。

#### 2) 測定方法

##### ① 鼻腔粘膜輸送速度 Saccharin Clearance Time (SCT)

鼻腔内の粘液線毛機能を評価するため、鼻腔粘膜輸送速度を測定した。サッカリン片を鼻腔内に投入後、被験者が甘味を感じるまでの時間を測定した。

##### ② まばたき回数

パソコンの液晶画面中央部に、白い円をランダムな時間間隔で2分間呈示し、その間の被験者のまばたき回数を試験者がカウントした。

##### ③ その他生理項目

心拍変動 (HRV)、血圧、平均皮膚温、体重測定

##### ④ 主観申告 (温熱感、乾燥感、快適感)

主観申告は前室で1回、入室直後1回、後は30分間隔で1回ずつ計8回、質問表の該当項目を選択させることにより頭部、胴体部、下肢部、全身の温熱感と鼻、喉、眼、顔、手の乾燥感および快適感の評定を行った。

### 4-2. 測定結果

#### 1) 鼻腔粘膜輸送速度 : Saccharin Clearance Time (SCT)

図10に各湿度条件下におけるSCTの平均値と標準偏差を各群別に示す。高齢群にのみ湿度条件の主効果が認められ、10%条件と50%条件との間に差が認められた。若年群では、湿度の影響は認められなかったが、高齢者群においては、10%条件下で90分および180分で前室と比較して増加が認められた。

このことから、10%の低湿度環境において鼻腔内の腺毛の機能性に年齢差が認められ、高齢者で機能が低下することが示された。

#### 2) まばたき回数

図11に各湿度条件下におけるまばたき回数の平均値と標準偏差を各群別に示す。若年群では、湿度条件および時間に主効果が認められた。高齢群では、時間の主効果および湿度と時間の交互作用が認められた。両群ともに30%および10%の条件でまばたき回数が増加し、10%条件においては高齢群の増加が大きい傾向にはあったが、有意な年齢差は認められなかった。

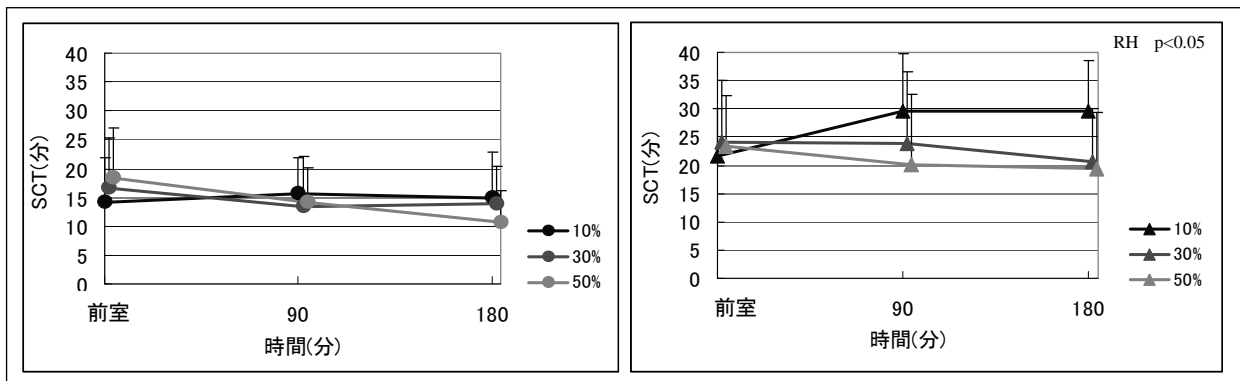


図 10 各湿度環境下での SCT 値 (左:●若年者 右:▲高齢者)

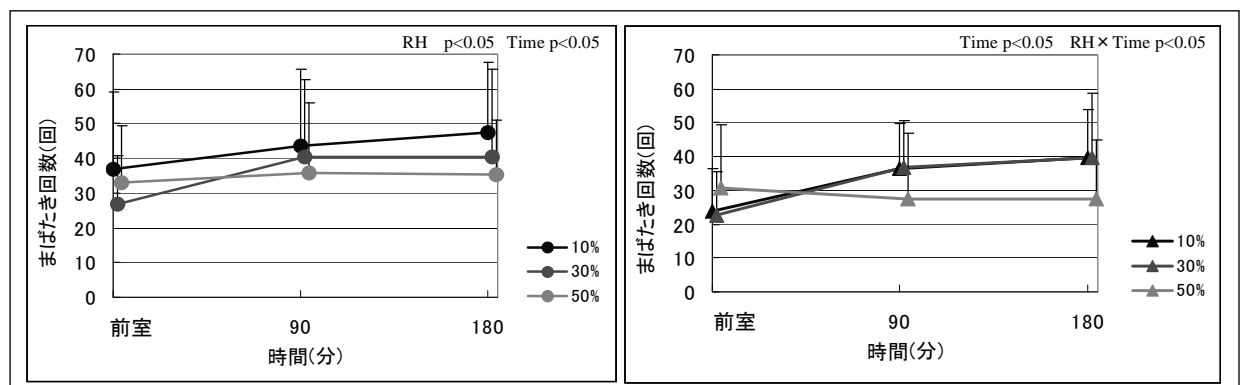


図 11 各湿度環境下でのまばたき回数 (左:●若年者 右:▲高齢者)

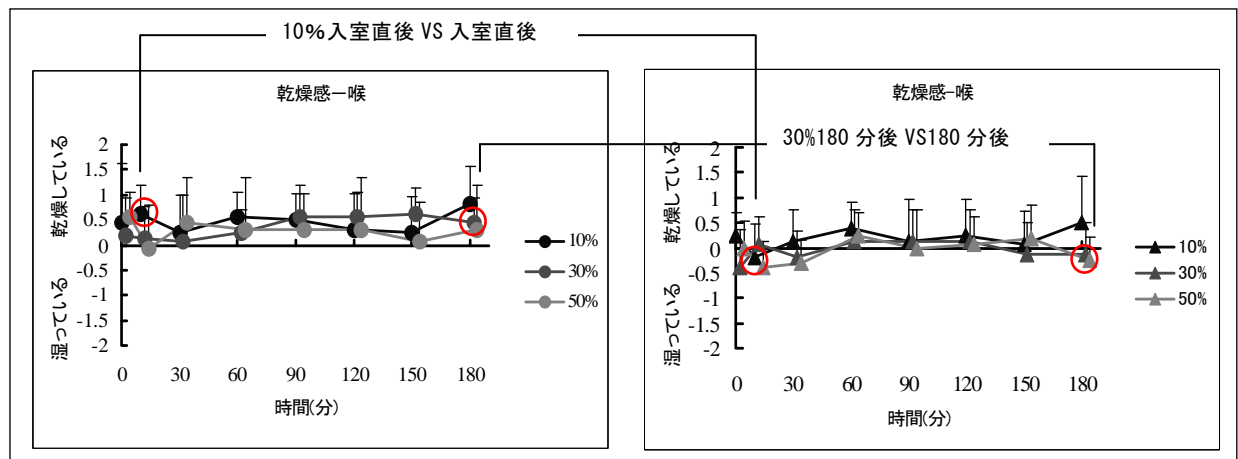


図 12 喉の乾燥感 (左:●若年者 右:▲高齢者)

### 3) 乾燥感

各湿度条件による喉の乾燥感の申告結果を図 12 に示す。喉、眼の乾燥感においては若年群と高齢群の間に有意な差が認められ、喉の乾燥感の場合は 10%の湿度条件で入室直後に、30%の湿度条件では 180 分後に高齢群より若年群の方が乾燥感を感じるようになることが示された。

### 4-3. まとめ

SCT 測定において、10%の湿度条件で高齢者の SCT 値が有意に増加し、若年者より高い値を示したことから、加齢とともに鼻腔内の線毛の機能が低下したと考えられる。このような線毛の機能の低下は細菌予防作用の低下につながるため、特に抵抗力の低下した高齢者にとっては湿度の変化に最も注意する必要があると考えられる。



まばたき回数は 30%及び 10%の湿度条件で高齢者と若年者ともに有意に増加した。しかし、高齢者と若年者の間に有意な差は認められず、眼球粘膜の加齢に伴う変化は少ないものではないかと考えられる。

SCT およびまばたき回数の結果から、10%以下の湿度環境が上部気道粘膜に、30%以下の湿度環境が眼球粘膜の活動性に何らかの影響を与えている可能性が考えられる。

心拍変動測定結果では、若年群と高齢群どちらでも各湿度条件間に有意な差は認められなかった。これは本実験のような中立温度で安静状態においては低湿度が心拍変動に影響を及ぼさなかったためだと考えられる。

温冷感、快適感の結果から、高齢者よりも若年者の方が、湿度の変化に対して敏感に反応をした。このことから、高齢者は、環境の変化に対し感受性が鈍いと考えられ、高齢者施設において温湿度を適切に管理することがより重要であると考えられる。

## 5. 生理反応からみた低湿度環境の許容値に関する研究

前報では、若年者を被験者として、低湿度が鼻腔粘膜や眼球粘膜に与える影響を調査し、それぞれに対して、10%RH、30% RH 以下の低湿度による影響が認められた。しかし、その間である 20% RH や 40%RH の影響は明らかにされておらず、低湿度環境の許容値を詳細に検討することはできなかった。そこで、鼻腔粘膜輸送速度やまばたき回数といった生理反応を中心に冬季暖房時に生じ易い室内低湿度環境の許容値を明らかとすることを目的として、以下の検証を行った。

### 5-1. 検証概要

#### 1) 検証条件

被験者は健康な男子学生の中で、鼻の疾患が無く、喫煙をしないそれぞれ 16 名を選別とした。実験は冬季の暖房時期として、平成 2005 年 2 月～3 月に九州大学の環境適応実験施設で行った。実験室の温湿度条件として、前室は気温 25℃、相対湿度 50%で一定とし、主室は気温 25℃、相対湿度 10%、30%、50%の 3 条件で実験を行った。被検者は安静座位とした。

#### 2) 測定方法

測定項目、測定方法は前回に準じ、生理反応として、鼻腔粘膜輸送速度 (SCT)、まばたき回数、血圧、経皮水分蒸散量を測定し、心理反応としては、温冷感、乾燥感、快適感について申告を受けた。

### 5-2. 検証結果

#### 1) 鼻腔粘膜輸送速度

Saccharin Clearance Time (SCT)

図 12 に、前室と主室の SCT 値を各湿度条件毎に示した。10%および 20%の湿度条

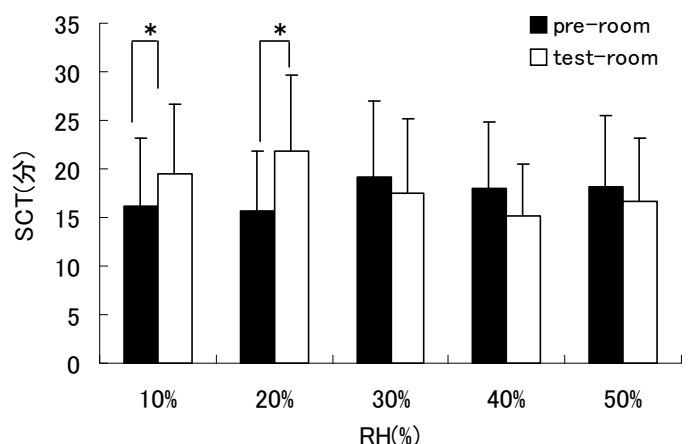


図 13 各湿度条件下での SCT

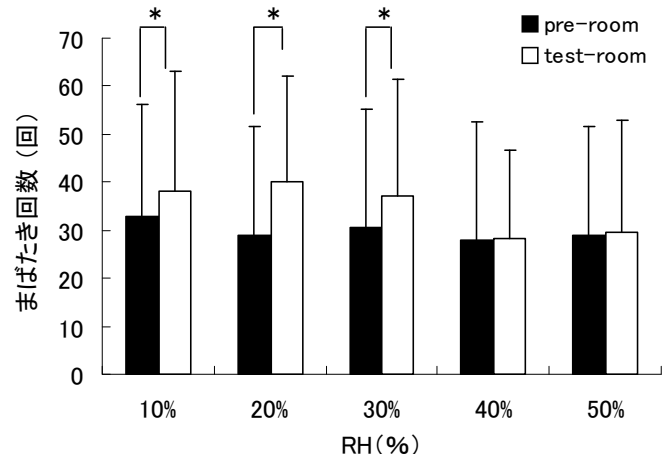


図 14 各湿度環境下でのまばたき回数

件で、SCT は有意に増加し ( $p < 0.05$ )、その変化量はそれぞれ 3.35 分、6.10 分であった。

## 2) まばたき回数

各湿度による前室と主室でのまばたき回数を図 13 に示す。40%及び 50%の湿度条件ではほとんど変化しなかったが、10%、20%、30%の条件では前室に比べ、主室で有意 ( $p < 0.05$ ) に増加した。

## 3) 経皮水分蒸散変化量 (TEWL)

各湿度条件による顔面頬部の経皮水分蒸散変化量を図 15 に示した。各湿度条件間に有意 ( $p < 0.001$ ) な主効果が認められ、40%及び 50%の湿度条件に比べ 10%、20%、30%の条件で水分蒸散変化量が多かった。手背部においても、各湿度条件間に有意 ( $p < 0.001$ ) な差が認められ、40%及び 50%の湿度条件に比べ 10%、20%の条件で水分蒸散量が多かった。

## 4) 乾燥感

鼻の乾燥感では、主室に入室後時間経過とともに乾燥感を感じるようになる推移がみられたが、各湿度条件間に有意な差は認められなかった。一方、眼の乾燥感 (図 14) では、各湿度条件の有意な主効果 ( $p < 0.05$ ) が認められ、50%より 20%の湿度環境下で乾燥感が有意に強くなった。その他の部位の喉、顔、手の乾燥感と各湿度条件の間には有意な差は認められなかった。

## 5-3. まとめ

気道の粘液線毛浄化機能は、生体防御機構の一つとして気道内分泌物のもとより、吸気中の異物の排除といった重要な働きを担っている。この機能が障害されると各種呼吸器疾患の発生頻度が増加する。鼻腔内の線毛は湿度が低くなると線毛の浄化機能が低下すると言われている。本実験で用いたサッカリン法は線毛の浄化機能を判断するために多く使われている方法であり、SCT が長いほど機能が低下していると考えられる。本実験では、10%や 20%の湿度環境で SCT 値が有意に増加したことから、20%以下の低い湿度環境が、鼻腔内の線毛の動きを低下させる影響を及ぼすと考えられた。

眼球粘膜への湿度の影響については、まばたき回数をを用い評価した。まばたきは眼球に水分を供給する作用を持つため、まばたき回数の増加は眼球粘膜の乾燥状態を反映すると考えられる。本実験の結果においては、10%、20%、30%の湿度条件でまばたき回数が有意に増加した。

本実験では、10%、20%、30%の湿度条件で経皮水分蒸散量が多く増加したことから、30%以下の湿度環境が皮膚を乾燥させることが認められた。皮膚の水分量の減少は皮膚の外観を変化させるだけでなく、乾皮症などかゆみを伴った皮膚疾患も生じる可能性もあると考えられる。

本実験の結果から、20%以下の湿度環境が上部気道粘膜の活動性に、30%以下の湿度環境が眼球粘膜や皮膚に何らかの影響を与えている可能性が考えられた。

温冷感、快適感は全体的に前室から主室に移動した直後下がって、後からは徐々に上がることが

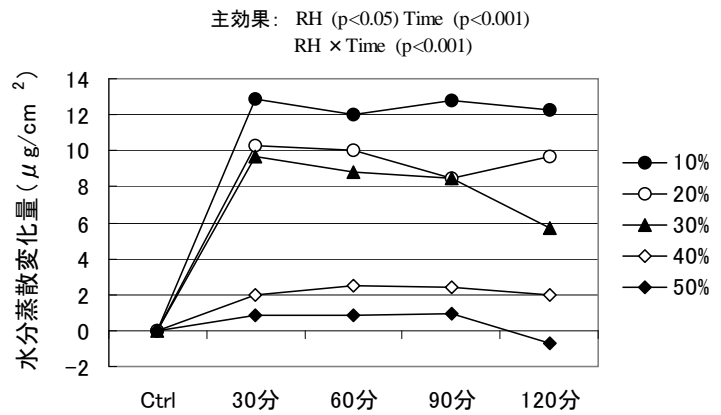


図 15 経皮水分蒸散変化量 (TEWL)

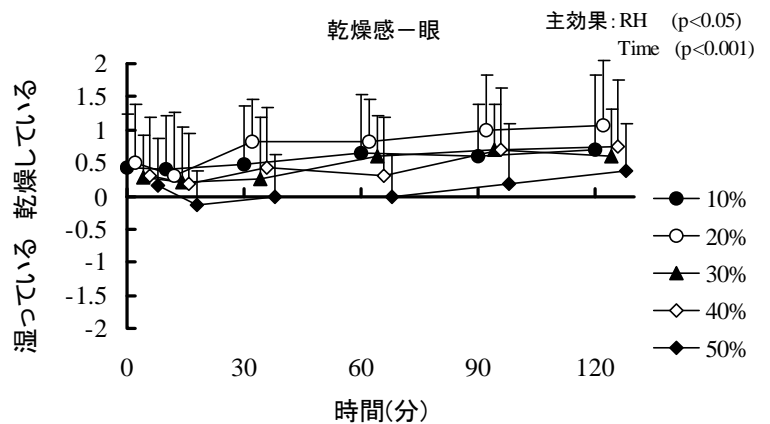


図 16 眼の乾燥感

分かった。環境が変わった直後はその変化に対して敏感に反応をしたが、その後は次第に馴化したと考えられる。乾燥感の結果、鼻、喉、顔、手より目が乾燥感を感じ易いと考えられる。

温度の変化に比べて湿度の変化に対するヒトの感覚は鈍感であり、湿度の変化を実感しにくい。冬季の室内の暖房時には温湿度計の設置など、温度だけでなく湿度を客観的にチェックするといった配慮が必要であると考えられる。本実験の結果から、鼻腔粘膜の乾燥を防ぐためには相対湿度20%より高い湿度を、眼の粘膜や皮膚の乾燥を防ぐためには30%より高い湿度を保つことが必要であることが示唆された。しかしながら、前章で示したように高齢者と若年者の反応には多少の差異があり、高齢者に適用できるかの問題は残る。

## 6. 冬季における湿度・気流の違いが入浴後の生理・心理反応に及ぼす影響

我々は、低湿度環境が人間にどのような影響を与えるのか、特に高齢者への影響に対する調査研究を行ってきた。その中で、温熱環境の構成要因である湿度と気流が、入浴後の生体へどのような影響を及ぼすかについて、特に皮膚性状を中心とした生理反応や、不快感、乾燥感を中心とした心理反応の双方から検討し、高齢者施設に対する、適切な住宅温熱環境の具体的指針を提示することを目的とする。本章では、その基礎的資料を得るために、若年者を対象とし、入浴後に過ごす居室における湿度や気流の違いがヒトの生理・心理反応にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

### 6-1. 検証概要

#### 1) 検証条件

被験者は健康な男子高齢者と男子学生の中で、鼻の疾患が無く、喫煙をしないそれぞれ8名を選別とした。実験は、冬季の暖房時期として平成17年11月～18年1月に九州大学の環境適応実験施設(No7)で行った。実験室の温湿度条件として、気温は25℃で一定とし、前室は気温25℃とし、湿度20%、60%の2条件、気流は、0.2 m/s(無)、0.5～0.7 m/s(有り)の2条件とした。また、入浴は実施しない条件で、低湿度(20%)、気流ありの条件暴露もコントロールとして実施した。よって、1人の被験者に対し以下に示す5条件の実験を実施した。以下実験の表記は、20F、60F、20N、60N、20Cとした。

表 2 実験環境条件

条件	20F	60F	20N	60N	20C
入浴	有	有	有	有	無
RH	20%	60%	20%	60%	20%
気流	有	有	無	無	有

#### 2) 測定方法

測定項目は、生理反応として、皮膚温、直腸温、血圧、脈拍、皮膚水分量、経皮水分蒸散量(TEWL)、皮脂量、体重を測定した。皮膚温、直腸温は、入浴中を除く安静時および暴露中は連続測定し、水分量、蒸散量、血圧、脈拍は安静時と暴露開始(入浴直後)から20分毎に、皮脂量は40分毎に評価した。体重は実験前後に測定し、差を求めた。なお、皮膚水分量、経皮水分蒸散量および皮脂量の測定部位は頬部と手背の2箇所とした。

主観申告として、温冷感、湿度感、不快感、気流感、自覚症状(顔、目の乾燥)について安静時と暴露開始(入浴直後)から20分毎に行った。実験は、午前、午後それぞれ1回ずつ行い、同一被験者は同じ時間帯で実施した。

#### 3) 測定スケジュール

被験者には、前室に10分以上滞在してもらい、その後、実験室内に設置されている浴室にて入浴してもらった後、80分間、各条件の温熱環境の部屋に滞在してもらい測定を行った。入浴は、一定の手順で実施してもらった。なお、浴槽の湯温は40～41℃とし、実験を通しての浴室温度の平均(SD)は、26.5(1.17)℃であった。暴露中の基本体位は、椅座位とした。

## 6-2. 検証結果

### 1) 皮膚温・直腸温

図 17 に平均皮膚温の経時変化の平均値 (n=8) を示す。入浴有無の比較 (20F vs 20C) においては、直腸温、平均皮膚温ともに、時間と条件の交互作用が有意であり ( $p < 0.001$ )、20F が 20C に比べ入浴後の温度低下が大きかった。気流、湿度の影響について平均皮膚温において、湿度と気流および時間の交互作用が有意であり ( $p < 0.001$ )、気流有りまたは、湿度 20% の条件が皮膚温の低下が大きく、湿度 60% の気流無し条件の皮膚温低下が最も小さい推移であった。

図 18 に平均皮膚温の変化量(最大値と最小値の差)を条件毎に示す。入浴有無の比較においては、20F が 20C よりもその差が大きく、平均皮膚温では条件間に有意差が認められた。気流、湿度の影響についてみると、直腸温は、湿度 20% が 60% に比べ温度差が大きかったが、統計的には有意でなかった。平均皮膚温の温度差は、湿度 20% の気流有り、無し条件、および湿度 60% でも気流有りの場合は大きく、湿度 60% の気流無しが最も小さかった。統計的には、湿度と気流の交互作用が有意で ( $p < 0.05$ )、下位検定の結果、60N と 60F 間に有意差があった ( $p < 0.001$ )。

### 2) 皮膚性状

#### ① 皮膚水分量

図 19 に皮膚水分量(頬部、手背)の経時的変化の平均値 (n=8) を示す。

入浴有無の比較においては、頬部、手背ともに条件と時間の交互作用が有意で(頬部  $p < 0.05$ 、手背  $p < 0.001$ )、頬部の水分量は 20F では入浴直後から暴露時間中、20C に比べ低値を推移し、手背は、20F が入浴 20 分以降 20C に比べ低値を推移した。両群ともに各湿度条件との有意な差は認められなかった。気流、湿度の影響についてみると、頬部の水分量は、20F が他の条件よりも低値を推移していたが、条件間の有意な差は認められなかった。手背においては、暴露開始直後 (0min) に上昇し、20 分以降は安静時よりも低値を推移したが、時間経過と湿度の交互作用が有意で ( $p < 0.05$ )、湿度 20% 条件が 60% 条件に比べ低値を推移していた。

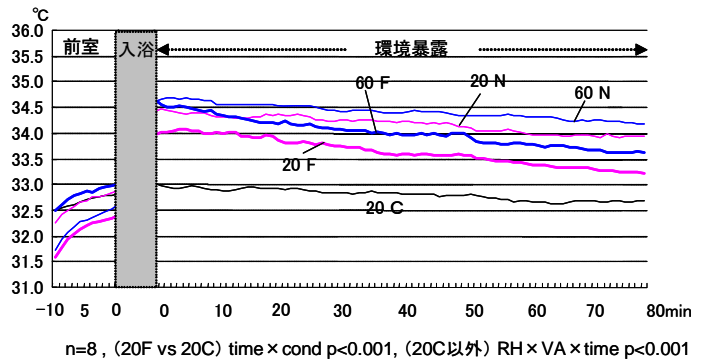


図 17 平均皮膚温の経時変化

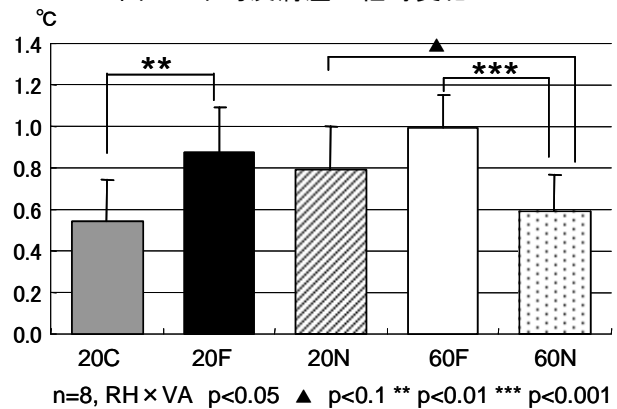


図 18 平均皮膚温の変化量(最大値と最小値の差)

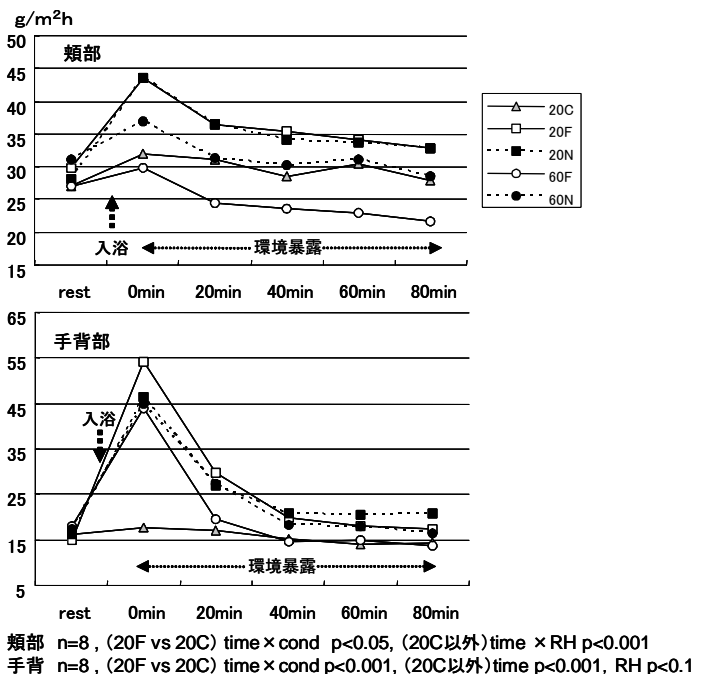


図 19 皮膚水分量の経時的変化

## ②経皮水分蒸散量

図 20 に経皮水分蒸散量（頬部、手背）の経時的変化の平均値（n=8）を示す。

入浴有無の比較においては、頬部、手背ともに、条件と時間の交互作用が有意で（頬部  $p < 0.05$ 、手背  $p < 0.001$ ）、20F は入浴直後（0min）に大きく上昇し、その後低下する推移であったが、暴露時間中を通して 20C よりは高値を推移した。

気流、湿度の影響についてみると、頬部は湿度と時間の交互作用が有意で（ $p < 0.001$ ）、湿度 20%条件が 60%条件よりも高値を推移していた。また手背は、すべての条件で入浴直後は大きく上昇し、その後は低下したが、湿度 20%の方が高値である傾向が示された（ $p < 0.1$ ）。

### 3)主観申告

図 21～23 に主観申告の経時変化の平均値（n=8）を示す。

入浴有無の比較においては、全身温冷感は 20F の方が 20C に比べ暖かい側を推移していた。湿度感は、20F、20C ともに暴露開始以降「やや乾燥している」に近い値を推移しており、条件間の差は顕著でなかった。気流感は、20F で入浴直後から浴後 20 分までは 20C よりも気流感の自覚が強かった。自覚症状の顔の乾燥は、20F が 20C に比べ乾燥の自覚が顕著に強い推移であった。目の乾燥は、20F で入浴直後から 20 分までは自覚が強まったが、その後は弱まる推移であり、入浴後 60 分では 20C が 20F よりも目の乾燥の自覚が強かった。

気流、湿度の影響についてみると、温冷感、湿度感、気流感は、気流の主効果が有意で、気流有り条件が無し条件よりも涼しい側の申告で、（ $p < 0.01$ ）湿度感、湿度の主効果が有意で（ $p < 0.05$ ）、湿度 20%条件が 60%条件よりも乾いている側の申告であった。気流感は、時間と気流の交互作用が有意で、気流有り条件が無し条件よりも気流の自覚が強い側の推移であった。顔の乾燥は、湿度の違いによる影響が見られ、20%条件が 60%条件よりも乾燥の自覚が強く（ $p < 0.05$ ）、目の乾燥は気流の影響が有意で、気流ありの条件が無しの条件よりも乾燥の自覚が強い側の推移であった（ $p < 0.05$ ）。

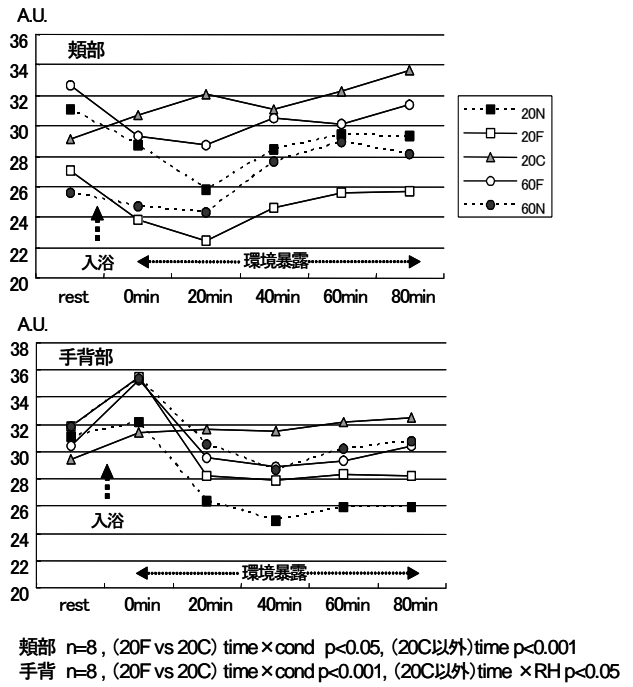


図 20 経皮水分蒸散量の経時的変化

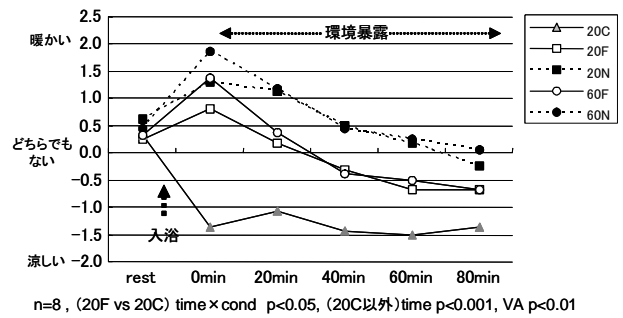


図 21 全身温冷感の経時的変化

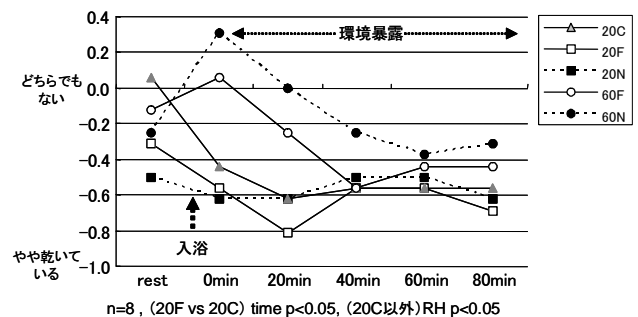


図 22 湿度感の経時的変化

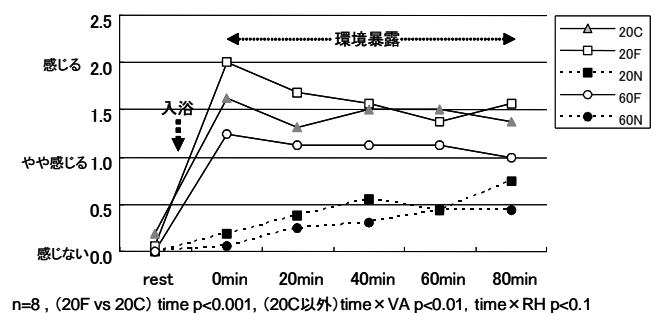


図 23 気流感の経時的変化

## 6-4. まとめ

### 1) 入浴の影響

- ①入浴により入浴後の人間の皮膚の水分量が低下し皮膚蒸散量が上昇することから、皮膚の乾燥が助長され易いことがわかった。
- ②入浴後は顔の乾燥に対する自覚症状が強かった。
- ③気流速度が速く、低湿度の環境においては、体温調節反応に及ぼす影響、および皮膚の乾燥に対する影響は、入浴後では特に大きくなることが示唆された。

### 2) 入浴後の湿度・気流の影響

- ①低湿度環境であること、また湿度が高くても気流がある場合には、入浴後の皮膚温を低下させやすく、体温調節機能への負担が増すことが示された。一般的によく言われる「湯冷め」の現象を避けるためには、気流ができるだけ小さく、低湿度ではない環境下で入浴後を過ごすことが重要であることが示唆された。
- ②入浴後の皮膚性状については、水分量、経皮水分蒸散量、皮脂量ともに気流の違いによる影響は顕著ではなく、むしろ湿度の違いによる影響が顕著に関与するという結果となった。
- ③主観反応については、気流感に加え、全身温冷感、温熱的不快感は気流速度の影響が有意であり、気流速度が速いほど、「涼しい」、「やや不快」の申告であった。湿度の違いによる影響は、湿度感に加え、顔の乾燥の自覚に対し有意であった。また、同じ乾燥でも目の乾燥感には、湿度ではなく気流の影響が顕著であった。

## 7. おわりに

冬季暖房時における低湿度が、人間の生理・心理反応に与える影響について、実際の病院での現状調査、人工気象室における検証実験を通じて調査研究を行なった。

- 1) 高齢者病院の調査結果から、病院や高齢者施設における加湿の重要性や、その方法について改善の必要性が確認できた。現状のエアコンでは別途に加湿器を設置しなければならず、補給水等の維持管理も煩雑であるので、加湿器や熱交換器等を内蔵した空調機の設置が望まれる。
- 2) 低湿度環境下において、長時間のデスクワーク等により体を動かさない場合、下肢での局所的な血管内脱水や血液粘度の上昇が促進され、血栓の発生を高める可能性が高くなることが示唆され、体を動かし水分補給を十分摂取することが大切であることが示された。
- 3) 低湿度において、SCT およびまばたき回数の結果から、10%以下の湿度環境が上部気道粘膜に、30%以下の湿度環境が眼球粘膜の活動性に何らかの影響を与えていると考えられる。高齢者と若年者との比較結果において、高齢者は若年者に比べ鼻腔内の線毛の機能が低下していること、環境の変化に対し感受性が鈍いことが示され、高齢者施設では温湿度を適切に管理することがより重要であると考えられる。
- 4) 湿度の許容値試験結果から、鼻腔粘膜の乾燥を防ぐためには相対湿度 20%より高い湿度を、眼の粘膜や皮膚の乾燥を防ぐためには 30%より高い湿度を保つことが必要であることが示唆された。また、主観申告では全体的に環境が変わった直後にその変化に対して敏感に反応したが、その後は次第に馴化したことから、温度の変化に比べて湿度の変化に対するヒトの感覚は鈍感であり、湿度の変化を実感しにくい。そのためにも、冬季の室内の暖房時には温湿度計の設置など、温度だけでなく湿度を客観的にチェックするといった配慮が必要であると考えられる。
- 5) 低湿度環境であること、また湿度が高くても気流がある場合には、入浴後の皮膚温を低下させやすく、体温調節機能の負担が増し、皮膚の乾燥に対する影響が大きくなることが示された。このため、気流ができるだけ小さく、低湿度ではない環境下で入浴後を過ごすことが、心身共に快適にするために重要であることが示唆された。