

# 皮膚に及ぼす気象要素の影響 - 夏季・秋季について -

藤田友香\* 山本 享\*\*  
田村照子\*\*\* 福岡義隆\*

キーワード：顔の皮膚面、皮膚面水分、統計解析

## 第1章 はじめに

気温・湿度は季節という長期の時間スケールだけでなく、一日という短期の時間スケールでも変化する。このように変化する気象要素を、人間は五感を通して感じ取っている。その五感の中でも触覚を担う皮膚は、環境と生体の境界であるために、環境の変化に最も敏感に反応し、さまざまな症状を引き起こす。その症状は時に、悩みの種となる。最近では、民間気象会社などから「肌荒れ予報」が出されるほど、皮膚に起こる症状の要因の一つとして、日々の環境の変化の影響が注目されている。そして、環境の変化を扱った皮膚の実験・研究が進められている。

環境の変化を扱った皮膚の研究には、季節単位の変化という長期間スケールの研究と、分単位の短時間スケールの研究がある。季節変化を扱った研究では、季節変化による皮表角層水分量（以下、水分量）に關与する因子には環境湿度の影響があると考察している<sup>20)</sup>。また、春と冬の皮表皮脂量（以下、皮脂量）と肌質が、肌タイプの違いによって変化に違いがある<sup>3)</sup>ことが述べられている。

一方、短時間スケールの研究には、人工気象室内を用いた実験がある。人工気象室で温度・湿度を一定にした環境内で、洗顔後の皮表水分量と皮表皮脂量の変化について考察した結果によると、皮表水分量は温度によって増減し、頬では湿度60%と80%では皮表水分量の値に有意な違いがある<sup>1)</sup>と述べられている。また、皮表皮脂量は気温・湿度による統計的な有意差が無いと指摘している。

このように、時間スケールの違いによって、環境変化が及ぼす皮膚への影響は異なることがわかる。その理由として、皮膚の状態を変化させる要素には環境の変化だ

けでなく、人間の生理機能にも左右され、時間スケールを短くするほど、生理機能による影響が大きくなる点があげられる。生理機能による違いを小さくすることで、気象要素の影響を捉えることができると考えられる。すなわち、年齢や性別、地域、行動、個々に異なる肌タイプ（ノーマル、ドライ、オイリー、オイリードライ）などの影響である。これらの影響をグルーピングすることや、個人別等で解析することで、気象要素の純粋な影響に近いものを捉えられるのではないかと予想される。要するに皮膚と気象要素との関係が明らかになることで、肌荒れなどの皮膚疾患の対策をすることができる。

本研究では、皮膚の水分・油分・pHを皮膚計測器で計測することで、皮膚状態を数値化して評価し、環境を構成している要素（気温・湿度等）との関係を見出すことを行う。そして、日単位で自然環境の気象要素がどのくらい皮膚に影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする。

## 第2章 皮膚の構造と乾燥

### 2.1 皮膚のはたらき

皮膚は、急激に変化する環境に対して、一定の状態を保持しようと様々な防御機構を備えている。皮膚をとりまく環境には、温度や湿度だけでなく、紫外線、病原菌などの皮膚に刺激を与える原因があり、これらのストレスによる攻撃から体を守っている。そのため、皮膚には6つのはたらきがある<sup>5) 10) 16)</sup>。

#### (1) バリアとしての機能

外から侵入してこようとする水や化学物質、細菌などから体内の臓器を守り保護している。逆に、体の中のもののが外に逃げないようにもはたらく。皮膚は「角層」と「表皮」というすぐれたバリア膜で体を覆って、外敵を

\* 立正大学地球環境科学部

\*\* いであ株式会社

\*\*\* 文化女子大学

防ぐと同時に体内の環境を守る。

(2) 体温の調節

外気が高温の時や激しい運動の後で、体が熱を持った時など盛んに汗をかく。汗が蒸発する時に気化熱を奪って皮膚の表面を冷やすため、このほか皮膚にあるたくさんの血管が太くなって血流量を増やして熱を放出する。

(3) 脂質の分泌作用

皮脂腺の細胞は自ら脂質を細胞内に貯め込んで成長し、やがて細胞は脂の塊に変わって皮膚の表面に分泌される。皮膚表面を脂質で覆って乾燥から皮膚を守る。

(4) 知覚作用

皮膚は暑い・寒い・痛い・痒いなどの感触や、「さわった感じ」の触覚を鋭敏にとらえて脳へ伝え、体を反応させる。

(5) 免疫機能

皮膚は病原菌やウイルスのほかに、アレルギー物質などにさらされており、これらの攻撃から体を守るために独特の免疫機構をはたらかせる。

(6) 自己再生

多少の傷を負っても、皮膚は自己再生能力を発揮してもとのとおりに傷を修復して、体の機能を完璧に回復する。

2.2 皮膚の階層構造

皮膚は体の外側から内側に向かって、角層・表皮・真皮・皮下脂肪と呼ばれる四層からできている(図2.1)。

(1) 角層

図1のように階層構造になっている皮膚は、その表面を厚さわずか10~20μのポリエチレンのラップのような薄い膜状構造のバリア、すなわち角層がくまなく覆うことで、環境への水分損失を防止している。

(2) 表皮

表皮には生きた細胞がぎっしり詰まっていて、表皮細胞の90%は角層細胞に変化する前のケラチノサイトである。真皮の代謝活動は、下の繊維組織である真皮のそれより、はるかに活発であり、ケラチノサイトは、真皮と接する表皮の一番下の層である基底層で、分裂を繰り返して新しい表皮細胞を作り続ける。

(3) 真皮

真皮は表皮の15~40倍の厚さがあり、コラーゲン(膠原線維)やエラスチン(弾性線維)などの線維とそれらの間を埋めるような糖タンパク質によってできている。コラーゲンは真皮の約90%を占める主要な線維で、エラスチンは伸縮自在な網のように真皮全体に分布し、皮膚

の伸び縮みを調節している。

(4) 皮下脂肪組織

真皮の内側に多くの脂肪を含んだ皮下脂肪組織があり、皮膚と筋肉や骨などをつなぐ役割を果たしている。また、体温の恒温性を保つための保温ゾーンとしてはたらいたり、筋肉や骨のクッションとしてもはたらく。

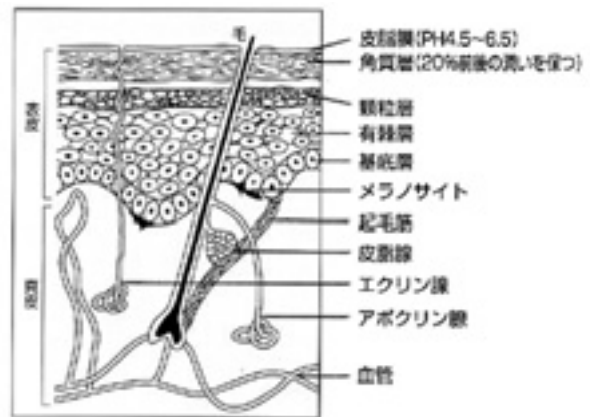


図2.1 皮膚の構造

2.3 角層水分量

皮膚の最外層である角層の水分含有量は、見た目の美しさを最も左右する。皮膚自身の水含有率は約70%であるが、中でも角層は正常な状態で約20~30%の水分が含まれている<sup>12) 17)</sup>。角層細胞は、バリア膜の構成単位となるため、生命活動を行うための小器官を全て失っている。そのため、血管から組織液(体液)を補給されることはなく、組織液に浸された生きた表皮と接した湿った下層から、外気に接して比較的乾いた表層まで、水分含有量に勾配が生じる。しかし、表層に向かって水分を失っていくばかりではなく、角層細胞内にある天然保湿因子(NMF)によってある程度の量を保持し、湿った環境から水を吸収するという能力を持っている<sup>10)</sup>。このことを利用することで、化粧水や乳液などのスキンケアで角層を保湿することが可能となる。さらに、皮脂腺から分泌される皮脂は汗と混ざることによってクリーム状になり角層の表面を覆う、皮脂膜も角層内の水分維持に働く。また、汗は体温を下げる機能だけでなく、汗の中にも天然保湿因子が含まれており、皮膚に微量ながらも潤いを与える効果もある。汗には皮膚を目に見える発汗と、目には見えない不感蒸泄があり、不感蒸泄は呼吸によるものと皮膚面からのものがある。発汗をしない冬期などでも不感蒸泄は行われ、皮膚面からのものは不感蒸泄の70%を占める。また、不感蒸泄は汗腺からではなく、角層を通して行われるため、角層細胞数が10層以下と薄

い顔面ではその量は若干多くなる<sup>10) 11)</sup>。

## 2. 4 表皮皮脂量

皮膚の表面をくまなく覆う薄い膜の角層には、小さな穴が点々とあいている。この穴が、毛穴や汗孔である。毛穴をとおして毛が生え、皮膚の脂である皮脂も流れ出てくる。また、暑いと汗孔の中の汗腺から汗がにじみ出てくる。

皮脂には、皮脂腺から分泌される脂質（皮脂腺由来脂質）と表皮細胞が角化の過程で合成し細胞表面に放出する脂質（表皮由来脂質）があり、多くの成分から構成されている<sup>3)</sup>。

皮脂腺は、毛を作る毛嚢の筒の途中が横に伸びた構造をしており、それを構成する細胞内全体に皮脂を形成し、細胞全体が皮脂の塊に変化し、ついには毛穴のなかに捨てられる。それが毛穴から外に流れ出し皮脂の表面を覆う。この過程での皮脂が皮脂腺由来脂質であり、スクアレン、ワックスエステル、トリグリセライド、有利脂肪酸で構成されている。皮脂腺はホルモン（アンドロゲン）の支配を受けており、性別、年齢により活性が異なる。また、表皮の細胞（ケラチノサイト）が角層の底にたどり着く間に、自然に細胞は死を迎える。皮膚表面に分泌された皮脂は皮膚表面を柔軟に保つとともに外的刺激からの保護的役割を果たす。一方、過剰な皮脂分泌は尋常性ざそうなどの皮膚疾患や過酸化脂質生成に深く関与するともいわれている。また、メイクアップ料塗布後の化粧崩れの原因としても考えられている<sup>8)</sup>。

## 2. 5 乾燥を引き起こす因子

皮膚の機能は完全ではなく、肌荒れ（乾皮症）などの様々な症状が生じる場合がある。その原因として、皮脂と汗は、環境や体の順応などの関係で分泌量が変化することや、皮膚からの蒸発しやすさが温度・湿度・風などの気象要素によって大きく変化する場合はあげられる。

角層内の水分は、図2.2に示すように、主にスキンケア等の保湿、汗腺からの汗、によって増加する。また、角層を通して行われる皮膚面からの不感蒸泄によって減少する。内側からの供給は、血流（血行）によって左右されるため、汗をかかず、血行が悪くなる低温の冬季では乾燥を引き起こしやすい。皮膚面からの不感蒸泄と発汗による水分の蒸発の熱交換（蒸発）の量は皮膚の温度における飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気分圧との差に比例する<sup>4)</sup>。しかし、皮脂膜や細胞間脂質の水分保持機能によって、蒸発量を抑制している。そのため、皮脂分

泌と細胞間脂質の少ない高齢者や皮膚疾患の患者などは、蒸発量を抑制ができず、角層乾燥を招いてしまう。また、環境の湿度が低下すると、それに順応するため角層バリア機能は向上するが、それには1週間程度の時間がかかることや、大きな環境湿度の変化に順応できず、角層バリア機能が顕著に低下することも関係している<sup>16)</sup>。

一方、蒸発量を抑制する効果がある皮脂量は、皮脂腺から皮膚表面に分泌される。皮脂は油分であるために蒸発抑制効果があり、皮脂の分泌が少ない場合はクリーム等の油分を塗布することで補う。これらの油分は、洗顔、あぶらとり紙等によって容易に脱脂することができる。また、物と接触することでも減少する。油分の収支は図2.3に示す。

このように、皮膚の状態を変化させる因子には、気象環境が最も大きなウエイトを占めていると考えられる。しかし、その他にも加齢・更年期、月経周期、睡眠不足、便秘・内臓障害、ストレス・過労、偏食、運動不足、お手入れ不足などの様々な要因が存在する。

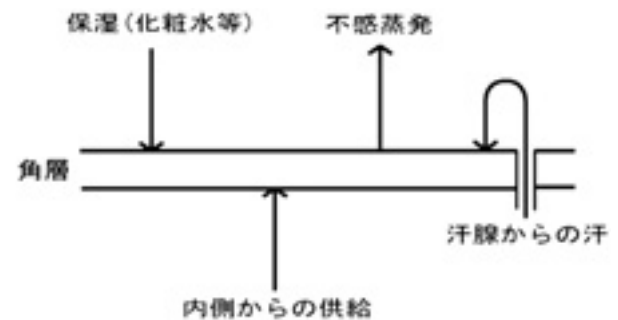


図2.2 角層の水分収支

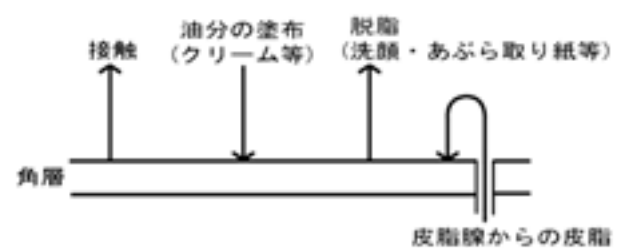


図2.3 皮膚表面の油分収支

## 第3章 研究方法

### 3.1 測定・実験方法と概要

#### 3.1.1 熊谷における測定

##### (1) 対象と測定期間

対象地域は埼玉県熊谷市であり、対象は立正大学の健康な女子学生6名（年齢21～22歳）で、立正大学3号館内の空調設備を有する室内において測定した。現在30人

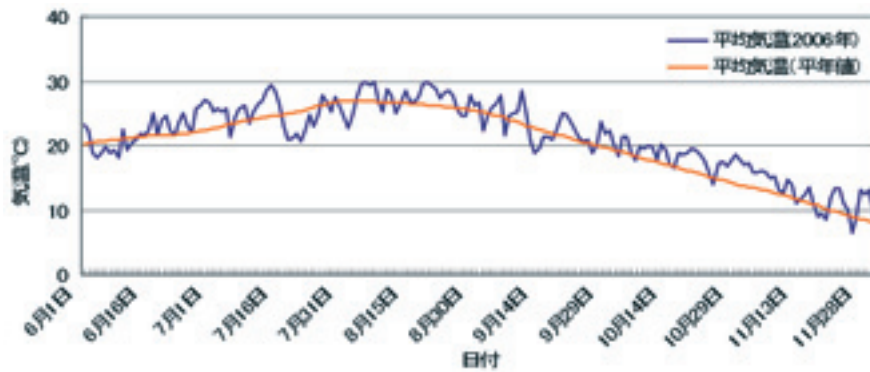


図3. 1 測定期間の気温推移

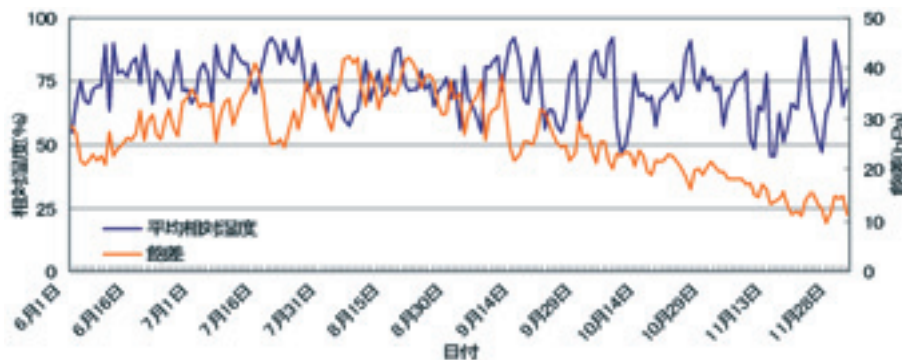


図3. 2 測定期間の湿度・飽差推移

表3. 1 被験者ごとの測定回数

被験者	測定回数
A	57
B	25
C	21
D	10
E	17
F	23

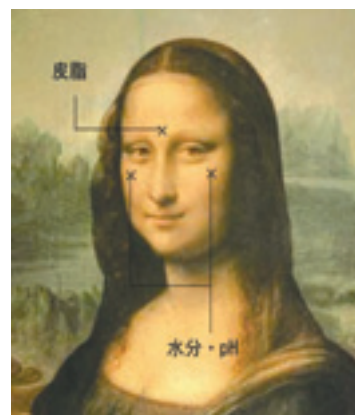


図3. 3 測定部位

弱の皮膚データがあるが、本論文では、測定期間内で10回以上測定した被験者のデータを使用した。それぞれの測定回数は表3. 1に示す。

測定期間は2006年6月25日～11月30日で、6～8月を夏季、9～11月を秋季とした。この期間の熊谷の気候は図3. 1に示すように、全体的に気温は高めであった。夏季である6、7、8月では平年並みか若干高く、特に10、11月は平年値よりも2、3高くなったことで、比較的暖かい秋季となった。湿度は夏季から秋季にかけて徐々に低下しており、秋季に変動が大きくなっていった。飽差は7、8月に大きくなり、秋季に小さくなっていった

た(図3. 2)。

(2) 測定項目・測定部位・測定機器

測定項目は顔の皮膚の皮脂量・水分量・pHで、測定部位は、図3. 3に表すように水分量は顔面でも最も風の影響を受けやすく、曲率が高いために蒸発しやすい頬骨の辺りで測定した。pHも水分量と同じ部位で測定した。水分量とpHは左右2回ずつ測定し、計4回の値を平均したものを水分量・pHの値とした。皮脂量は最も多く皮脂腺が存在するTゾーンである眉間で測定した。Courage + Khazaka社製、油分計(Sebumeter SM815)・

水分計 (Corneometer CM825) ・ pH 計 (Skin-pH-meter PH905) 一体型を使用した (図 3. 4)。この Corneometer の値は角層の水分量を示している。

### 3. 1. 2 人工気象室の実験

#### (1) 対象と測定期間

被験者は健康な女性 5 名 (年齢 21 ~ 24 歳) であり、うち 2 名は熊谷での測定の被験者である。測定期間は 2006 年 8 月 1 日 ~ 8 月 3 日の 3 日間である。

#### (2) 測定項目・測定部位・測定機器

測定項目・部位は、熊谷での測定と同じであり、1 回の測定に水分量・pH は左右 3 回ずつ、皮脂量は 1 回である。さらに実験では、左右の頬の皮脂量 (左右 1 回ずつ) と蒸発散計左右 (2 回ずつ) ・血流量 (左右 1 回ずつ) ・熱映像カメラ (写真省略) での皮膚表面温度を測定した。なお、水分量・pH は 1 回の測定での 3 回のデータの平均を、水分量・pH の値とした。

測定機器は、熊谷での測定と同様に、水分量・皮脂量・pH は Courage + Khazaka 社製、油分計 (Sebumeter SM815) ・水分計 (Corneometer CM825) ・pH 計 (Skin-pH-meter PH905) 一体型を使用し、蒸発散量は Servo Med 社製 Evaporimeter (写真省略) を使用した。

#### (3) 実験概要

文化女子大学の人工気象室を用い、気温 3 ケース (10、18、26)、湿度 (30%、55%、80%) の組み合わせの全 9 ケース (表 3 - 2) を 3 日間で行った (1 日目: Case 1 ~ 3、2 日目: Case 4 ~ 6、3 日目: Case 7 ~ 9)。タイムスケジュールは図 3. 4 に示すように、人工気象室入室後、初め 30 分で体を慣らし、その後洗顔の代わりにメイク落としシートで化粧を落とし、アルコール入りのウェットティッシュで顔全体を拭いた後に、顔左半分に化粧下地とファンデーションを塗り、30 分ごとに 4 回測定した。4 回目の測定の後、サーモグラフィでの測定を行った。この方法で全てのケースを行った。

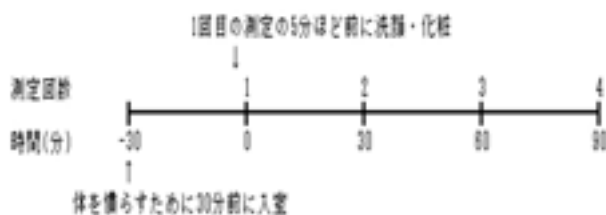


図 3. 4 1 ケースでのタイムスケジュール

表 3. 2 実験での気象条件

	T = 26	T = 18	T = 10
RH = 30%	Case 1	Case 2	Case 3
RH = 55%	Case 4	Case 5	Case 6
RH = 80%	Case 7	Case 8	Case 9

### 3. 2 測定機器の測定方法と値の解釈

#### 3. 2. 1 Corneometer による水分量の測定法

##### (1) 静電容量測定法

水の誘電定数<sup>8)</sup>とその他の物質の誘電定数 (主に > 7) が著しく異なることを基礎にしている。この方法は他の測定法に比較して数々の長所がある。例えば、測定対象と測定装置との間に電極の接触がない。そのため、測定すべき対象を通して電気がほとんど流れない。その上、得られる結果は分極効果やイオン導電性などの特性にあまり影響されない。エレクトロニクスと存在する水分条件との「適応プロセス」にはほとんど慣性が作用しないので、スピーディな測定が行える。したがって、生命体の測定結果への影響もほぼ完全に排除される。

##### (2) 装置概要

Corneometer は、本体とプローブからなっていて、測定用プローブの先端には  $7 \times 7 \text{ mm}$  のセンサーがついており、皮膚に当てると  $3 \text{ mm}$  程スライドし、スイッチが入るようになっている。このとき皮膚にかかる圧力は  $3.5 \text{ N}$  である。

##### (3) Corneometer の値の解釈

Corneometer は皮膚表面の状態または水分の変化を示すものである。空気では、湿度に応じて 0 ~ 10 単位の範囲の値を示す (非常に乾いていることを意味する)。一方、プローブを湿った手のひらに当てると、100 に近い値を示す。この範囲内で、外部の影響 (温度と湿度) を考慮しながら、それぞれの皮膚の部分について肌質の分類 (「非常に乾燥」、「乾燥」、「正常」、「非常に湿潤」) を行う。測定値に対応する顔面での分類はないが、前腕内側での肌質の分類は行われている。その分類は表 3. 3 に示す。

表 3. 3 Corneometer の値による肌質の分類

	前腕内側
非常に乾燥	< 30
乾燥	30 - 45
非常に湿潤	> 45

表3.4 Sebumeter の値による肌質の分類

	額 Tゾーン 頭皮	髪の毛	頬 まぶた こめかみ	口角 上半身 背中・首	腕 手・脚 肘
乾燥・皮脂少ない	< 100	< 40	< 70	< 55	0 - 6
正 常	100 - 220	40 - 100	70 - 180	55 - 130	> 6
皮脂が多い	> 220	> 100	> 180	> 130	—

3.2.2 Sebumeter による皮脂量の測定法

(1) 光透過法

片面がツヤ消し状態の半透明なガラス板、樹脂テープ等を皮膚表面に圧着すると、脂質の付着度合により光透過性が変化する。これを光学的に測定することにより脂質総量を定量する方法である。カセットテープ部分を測定部位に一定時間圧着した後、本体のカセット挿入部にテープ部分を押し込むと、数秒で表示部に数値が表示される。この装置は被験者への負担が少なく、可搬性に優れ、簡便・迅速に評価値が得られるため脂質総量の簡易測定法として広く用いられている。

(2) 装置概要

測定カセットは、厚さ約 0.1mm の不透明のプラスチックテープを収納しており、これに皮脂を付着させる。測定後カセットをスライドさせるとプラスチックテープの新たな部分 (64mm<sup>2</sup>) が現れる。使用済部分のテープは巻き取られる。プラスチックテープの下にミラーが取り付けられており、測定ヘッドから約 1mm 突出している。ミラーは、約 10N のバネでカセット本体に接合されているのでテープを皮膚に当てるだけで、10N の定圧力確実に加わる。皮膚表面にテープを当てている時間は30秒で、内臓タイマーにより制御される。皮脂のついたカセットを本体に差し込むと本体側の受光部で、テープの透明度が計測される。計測結果はマイクロプロセッサで評価され、ディスプレイ上に表示される。皮脂量が多いほど、プラスチックテープの透明度が高くなり、表示される数値が大きくなる。

(3) Sebumeter の値の解釈

Sebumeter は 50 ~ 300 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  の範囲内の皮脂量を即時に表示する。皮脂量が 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  未満のときは、 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  単位での表示値と実際の皮脂量との間に直線性がなく、この場合絶対値を得ることは出来ない。しかし、皮脂量が 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  未満でも、同じ機器で測定すれば、比較測定は可能である。

皮脂量は、部位別の肌質の分類 (「乾燥・皮脂少ない」、「正常」、「皮脂が多い」) が行われている。その分類は表 3.4 に示す。

3.3 解 析

気象データは、熊谷地方気象台の2006年6月25日~11月30日の気温・相対湿度 (以下湿度とする) のデータを使用した。気象データから不快指数・実効気温・実効湿度・飽差を算出し、気温・湿度・不快指数の測定日の7時~測定時刻までの積算値 (時間経過の重みをつけるため) を算出し、測定した水分量・皮脂量を比較した。一日の中で朝の洗顔やスキンケアなどが大体7時に行われていることから、積算値を7時からに設定した。

なお、それぞれの値の計算方法は以下の通りである。

不快指数とは夏の蒸し暑さを終局的に表す、1957年に Thom が提唱した指数である。不快指数が75を越えると人口の一角が不快になり、80を越えると全員が不快になると言われている。また、日本人の場合、不快指数が77になると不快に感じる人が出ははじめ、85になると93%の人が暑さによる不快を感じると言われている (表3.5)。

そもそも不快指数は、図の上でしか求められない、Houghten、Yaglou (1923) に創案された有効温度 (感覚温度) の無風状態での近似値と考えることもできる<sup>4)</sup>。不快指数については、以下の式で求めた。T : 気温 ( ) H : 相対湿度 (%) とする。

$$\text{不快指数 (DI)} = 0.81T + 0.01H (0.99T - 14.3) + 46.3 \quad (1)$$

表3.5 不快指数による体感

不快指数	体 感
~ 55	寒い
55 ~ 60	肌寒い
60 ~ 65	何も感じない
65 ~ 70	快い
70 ~ 75	暑くない
75 ~ 80	やや暑い
80 ~ 85	暑くて汗が出る
85 ~	暑くてたまらない

実効湿度とは、過去数日間の湿度の履歴を考慮した湿度のことで、今日及び今日より前のそれぞれの日の湿度に重みをつけて作った平均湿度である。木材の乾燥度を

示すために使われる。実効湿度は以下の式で求められる。ある日の普通の平均湿度は、 $r = 0$  の時であり、 $r$  の値が 1 に近いほど前の影響が大ききいていていることになる<sup>18)</sup>。この実効湿度の概念から、日平均湿度ではなく、1 時間あたりの湿度を使用し、測定した時間から 24 時間前までの重みをつけて実効湿度を以下の式で求めた。

$$\text{実効湿度 } (H_e) = (1-r) \{H_m + rH(1) + r^2H(2) + \dots + r^6H(6)\} \quad (2)$$

$H_m$  : 測定時刻の湿度

$H(n)$  : 測定時刻の  $n$  時間前の湿度

$r$  の値は 1 に近いほど厚いもの、太いもの（乾きにくいもの）の含水量に対応した実効湿度になる。しかし、皮膚の場合は  $r$  の値がどの程度で対応するのか明らかではないため、 $r$  を 0.3、0.5、0.7、0.9 の 4 種類の実効湿度を計算した。また、(3) 式の湿度の項を気温に変えて、以下の式で求め、実効気温と定義した。

$$\text{実効気温 } (T_e) = (1-r) \{T_m + rT(1) + r^2T(2) + \dots + r^6T(6)\} \quad (3)$$

$T_m$  : 測定時刻の気温

$T(n)$  : 測定時刻から  $n$  時間前の気温

飽差とは飽和水蒸気圧と実際の水蒸気圧の差のことであり、空気の乾燥度合いを示す。気温・湿度の値から Tetens (1930) の式から飽和水蒸気圧を算出し、飽和水蒸気圧と湿度から実際の水蒸気圧を求め、飽差を求めた。Tetens の式は以下のとおりである。

$$E_{(t)} = 6.11 \times 10^{\frac{7.5t}{t+237.3}} \quad (4)$$

$E_{(t)}$  :  $t$  時の飽和水蒸気圧  $t$  : 気温

(4) 式から、

$$\text{飽差} = E_s - E$$

( $E_s$  : 飽和水蒸気圧  $E$  : 実際の水蒸気圧)

有意差検定については  $t$  - 検定で行い、有意水準は 5 % 未満とした。

## 第 4 章 結果と考察

### 4. 1 熊谷での測定

被験者ごとにスキントypesの違い（ドライ、ノーマル、オイリー、オイリードライ）によって、水分量・皮脂量の個人差がある。しかし、定義が存在しないためにスキントypesによる分類は難しい。そのため、被験者別に相関をとることによって気象要素との影響を判別しやすくした。

#### 4. 1. 1 全データの相関

全データでは、測定時刻が統一していないために様々な時間のデータが混ざっている。そのため、時間経過の重みが付く気象要素とのみ、比較が可能である。気温や湿度のように、上昇時と下降時が存在する気象要素とは比較が不可能なので、これらについては 4. 1. 2 で考察する。全データの水分量・皮脂量それぞれの相関係数を表 4. 1、表 4. 2 に示す。

#### (1) 水分量

被験者ごとの水分量と時刻との関係は図 4. 1 に示す。この図から時刻との関係は測定日が異なっても、大まかな日変化の傾向を見ることが出来るのではないかと考えた。しかし、統計的に有意な値は正の相関が 1 名だけで傾向は一致しなかった。これらの結果は、水分量は単純に一定の時系列変化をするのではなく、環境の変化に伴って複雑に増減していることを示唆している。

気温が高くなる夏季には、体温調節機能が働き発汗や

表 4. 1 水分量と気象要素の相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	57	24	21	10	17	23
時刻 (JST)	-0.0544	0.5994	-0.1834	0.1936	0.1143	0.3369
気温積算	-0.3444	0.2040	-0.4149	0.1187	0.0269	-0.1814
不快指数積算	-0.2327	0.4907	-0.3439	0.2097	0.0497	-0.0340
飽差積算	-0.1690	-0.0485	-0.4644	-0.5138	0.0425	0.2248
皮脂量	-0.1310	-0.1169	0.2149	0.6714	0.1495	0.1625
pH	-0.1540	0.3817	0.1901	-0.4471	0.1349	-0.1230

色がついている値は、統計的に有意な値（危険率 5 %）。

表4. 2 皮脂量と気象要素の相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	57	24	21	10	17	23
時刻 (JST)	0.4008	0.1282	0.1289	- 0.2703	- 0.1483	0.3666
気温積算	0.2933	0.0487	0.1243	- 0.2033	- 0.0260	0.5465
不快指数積算	0.4052	0.0794	0.1432	- 0.1790	- 0.0823	0.5470
飽差積算	- 0.1913	0.2236	0.1175	- 0.6853	- 0.1511	0.3292
pH	0.0267	- 0.1434	- 0.3897	- 0.0135	- 0.1310	0.2013

色のついている値は、統計的に有意な値 (危険率5%)。

皮膚血管の拡張によって熱放散する。この機能によって間接的に皮膚の水分量が増加する場合がある。一方、徐々に気温が低下し始める秋季は、保熱に転じるため発汗が起こらなくなるが、環境の温度が22 以上であると目に見えない発汗が起き、水分量が増加する場合がある<sup>11)</sup>。すなわち、一概に秋季は夏季より水分が少ないとはいえず、日最高気温が22 未満の日であればそれ以上の日より水分量が少ない可能性は高い。

気温積算との関係もまた、有意な値は負の相関の1名だけで傾向は一致しなかった。相関係数も低いことから、気温積算との関係は得られなかった。その原因として、積算値というものに多少問題があると考えられる。積算値は毎時の値を足していくものであるため、例えば30 に1時間と15 に2時間の影響が同じであるということを示す値になる。同じ湿度下での場合30の方が蒸発しやすくなるが、高温であることから発汗が起き増加する可能性がある。逆に15では蒸発しにくくなるが、発汗がないと保湿するものが無いため減少し続ける。このような場合、積算値での説明は矛盾してしまう。

不快指数積算も有意な値は1名であり、傾向はばらつきが一致せず、気温積算と同様な結果となった。その原因として、不快指数が気温と湿度で算出することがあげられる。不快指数が高いほど蒸し暑いために発汗が起き、水分量が高い値を示すと考えたが、そのような結果は得られなかった。

飽差積算は4名(66.7%)が負の相関となったが、そのうち有意な値は1名であった。飽差の値が大きいことは環境空気が乾燥していることを示しているため、皮膚からの不感蒸泄が大きくなりやすい。また、水分量は発汗、角層内の天然保湿因子の量、角層のバリア機能によって大きく差が出る。正常な皮膚であっても乾燥の状態に置かれるとバリア機能の低下を起こし、空気の湿った夏と比べて乾燥した冬では角層機能は有意に低下するという報告<sup>11)</sup>や、高湿度(80%以上)に順応した皮膚を乾燥環境(10%以下)に急に移すと、角層バリア機能が顕著

に低下することが認められている<sup>16)</sup>ことから、環境空気中の水蒸気圧の変化に左右されることは確実である。測定期間の秋季は平年に比べ気温が高く、季節の変化が顕著ではなかった。そのために、緩やかな気温であったため、水分量の変化も顕著に見ることができなかったのではないかと考えられる。また、上述のように乾燥状態の方が角層機能の低下が起こることから、水分量が減少しやすいため負の相関は妥当であると考えられる。しかしながら、積算値は全て発汗による影響を考慮していないため、これらの考慮が必要であると考えられる。

水分量と積算値との関係は有意な傾向や結果を得ることができなかったことには、やはり積算というものが完全な説明変数となっていないことを示しているといえる。積算値を用いるとしても、発汗による効果を考慮できるようにしなければ、良い結果を得ることは不可能であろう。

(2) 皮脂量

皮脂は常に分泌されており、角層内に吸収されないことから、気象要素等によって増加速度に変化が生じるとしても、時間が経過するにつれて徐々に増加していくと考えられる。また、そのため、被験者ごとにどの程度その傾向が表れるかを確認できるのではないかと考えた。しかし図4. 1からわかるように、変動が大きく顕著な傾向は見られなかった。また有意である値は1名だけで傾向は一致しなかった。その原因として、化粧直しや皮脂の取れやすさがあげられる。皮脂量の増加は化粧崩れにつながるため、化粧直し時には、あぶらとり紙等で皮脂を除去することが多い。また、汗を拭くことや色々なものとの接触することで、容易に皮脂量は減少する。そのため、化粧直し後などのデータは可能な限り除去したが、それだけでは時間の経過と共に高い値を示す傾向を得ることはできなかった。これは接触による減少が大きいことを示している。測定期間が発汗の起こる時期であったため、汗を拭く時等に皮脂も取れてしまっている可能



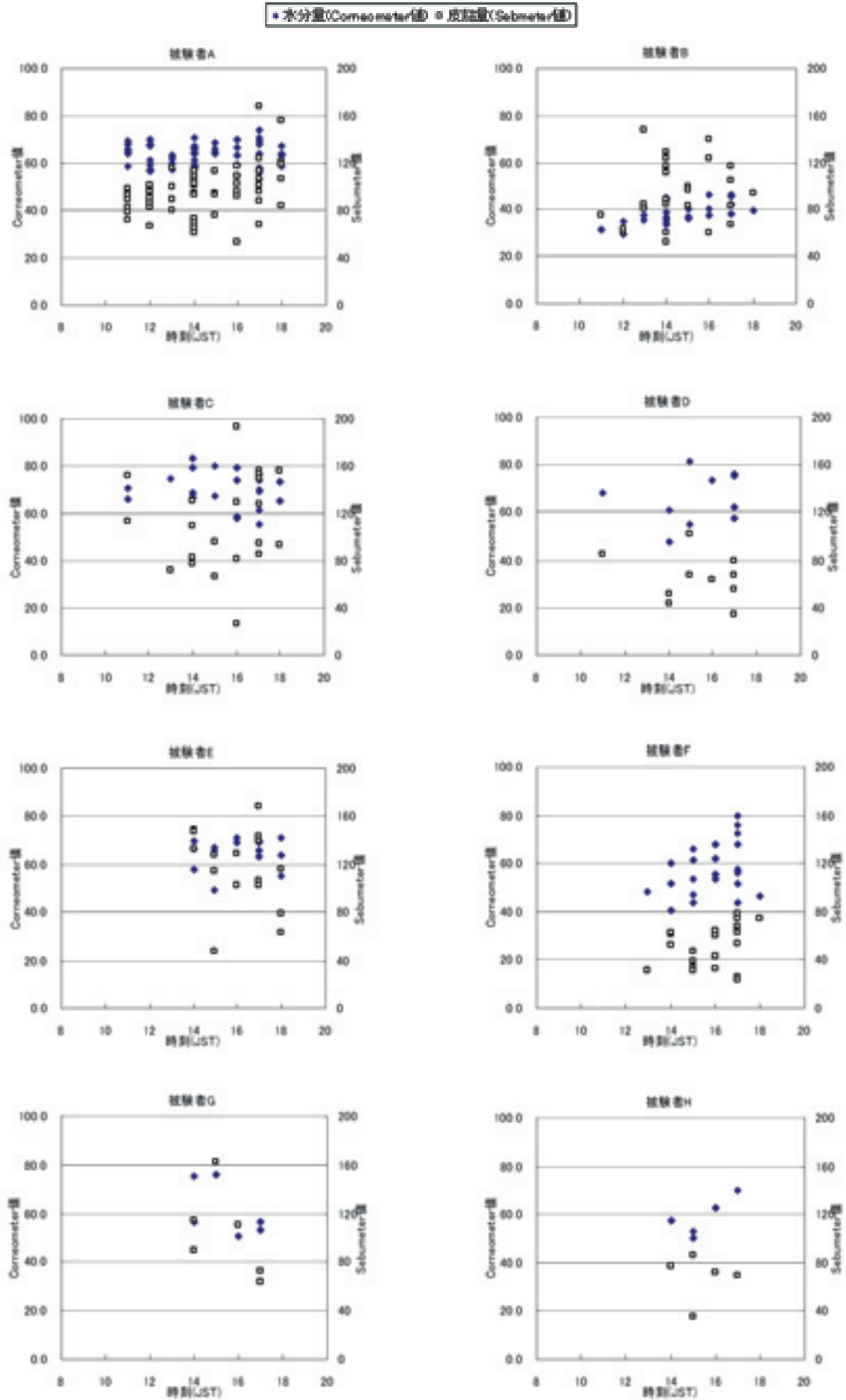


図4.1 測定時刻と水分量・皮脂量

性がある。

気温積算・不快指数積算と皮脂量の関係の傾向は一致しなかったが、同一の2名が正の値で有意な値であった。これは、皮脂量は環境温度の上昇と共に増加する<sup>1)</sup>といわれていることと同様の結果となっている。有意な値だけで見ると気温積算よりも不快指数積算の方が微々たるものだが高い。不快指数は気温と湿度を用いて算出する値であるため、皮脂量の増加には湿度の影響が多少ある可能性がある。

被験者A、Fは比較的化粧を直すことをしなかったためか、時刻との相関係数が高くなっている。また、気温積算・不快指数積算も共に傾向が一致し、正の相関で有意な値となっている。このことから、皮脂量を減少させる行動を可能な限り行わないことで気象要素との比較が可能になると考えられる。

#### 4. 1. 2 上昇時・下降時での相関

気温・湿度はほぼ正午過ぎに極値が表れる。そのため、同日に同じ気温・湿度の値が現れることが頻繁に起こりえることから、同じ値を区別する必要がある。そこで、

これらの値の上昇時と下降時で分類して解析を行った。また、気温・湿度によって値が決まる不快指数・飽差の値も同様である。例として図4. 2に10月16日の気象要素の推移を示す。

4. 1. 2ではデータを測定した時刻で分類(14時以前と15時以降)し、気温・湿度・不快指数・飽差・実効気温・実効湿度の変化との関係について考察する。なお、積算値は同一日に同じ値になることは無いので、ここでは比較する気象要素として扱わない。水分量との相関係数は表4. 3、表4. 4に、皮脂量との相関係数は表4. 5、表4. 6に示す。

#### (1) 水分量

14時以前の気象要素との相関関係は、表4. 3に示すように気温・実効気温・不快指数は類似した結果となり、5名(83.3%)で負の相関で、そのうち有意な値は1名だった。これは実効気温・不快指数は気温から算出する値であるためにこのような結果になったのだと考えられる。比較的相関係数が高い(有意な値に近い)ことから、これらの気象要素が低い値の時に水分量は高い値を示し

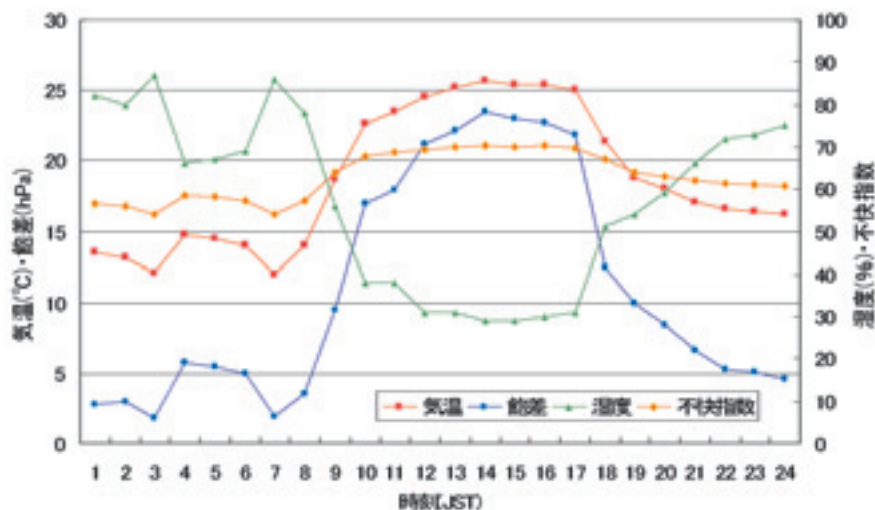


図4. 2 10月16日の気象要素の変化

表4. 3 14時以前の水分量と気象要素との相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	33	13	7	3	3	4
気温	-0.2017	-0.4949	-0.8535	-0.9598	0.5796	-0.7357
湿度	0.1782	0.5535	0.2486	-0.2573	0.8462	-0.7223
不快指数	-0.1642	-0.3738	-0.8657	-0.9217	0.7595	-0.7571
飽差	-0.2458	-0.6429	-0.5461	-0.9176	-0.8781	0.7796
実効気温	-0.2191	-0.3618	-0.8644	-0.9242	0.3497	-0.7193
実効湿度	0.1421	0.4800	0.2146	-0.2823	0.9089	-0.6887

色がついている値は、統計的に有意な値(危険率5%)

表 4. 4 15時以降の水分量と気象要素との相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	24	11	14	7	14	19
気温	- 0.5065	- 0.4363	- 0.3082	- 0.0579	- 0.0985	- 0.4272
湿度	- 0.2388	0.2091	- 0.0455	0.8007	0.0857	- 0.3088
不快指数	- 0.5292	- 0.3934	- 0.2912	0.0528	- 0.1392	- 0.4309
飽差	- 0.2285	- 0.4825	- 0.2752	- 0.7044	- 0.0168	- 0.0984
実効気温	- 0.5096	- 0.4601	- 0.3283	- 0.1989	- 0.0764	- 0.3495
実効湿度	- 0.2728	0.1644	0.0023	0.8033	0.0195	- 0.3963

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）

表 4. 5 14時以前の皮脂量と気象要素との相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	33	13	7	3	3	4
時刻	0.1307	0.3380	- 0.5204	- 0.9829	-	0.9425
気温	- 0.0445	- 0.5914	- 0.0994	- 0.9745	- 0.9979	- 0.7102
湿度	0.2972	- 0.0248	- 0.1733	- 0.6970	- 0.9475	- 0.7902
不快指数	0.0454	- 0.6267	- 0.2636	- 0.9937	- 0.9840	- 0.7214
飽差	- 0.2589	- 0.2896	0.2062	- 0.6060	0.9255	0.8922
実効気温	- 0.0493	- 0.5707	- 0.1474	- 0.9929	- 0.9472	- 0.6406
実効湿度	0.3707	- 0.1262	- 0.2331	- 0.7154	- 0.8974	- 0.8460

は測定時間が同一時刻であるため算出不可。

表 4. 6 15時以降の皮脂量と気象要素との相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
N =	24	11	14	7	14	19
時刻	0.3472	- 0.0389	0.3332	- 0.5570	0.0632	0.5407
気温	- 0.0575	0.3905	0.0313	0.1792	0.0907	0.4782
湿度	0.5182	- 0.5386	0.1423	0.6854	0.1525	0.1196
不快指数	0.0640	0.2852	0.0397	0.2664	0.0912	0.5116
飽差	- 0.5273	0.6962	- 0.0361	- 0.4435	- 0.0222	0.1527
実効気温	- 0.0297	0.3942	0.0553	- 0.0386	0.0704	0.5241
実効湿度	0.4812	- 0.4041	0.0983	0.8149	0.2280	0.0826

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）。

やすい可能性がある。

また湿度と実効湿度は傾向がばらついている。有意な値は湿度の正の相関の1名だけであった。湿度は相対湿度であるために同じ値でも乾燥の度合いを表すことはできない。そのために傾向がばらついたと考えられる。一方、乾燥の度合いを示す飽差との関係は5名（83.3%）で正の相関があり、そのうち有意な値は1名だけであるが、これらは比較的相関係数が高いという傾向がある。飽差の値が低いときに水分量が低い傾向があることは妥当であると考えられる。

15時以降では、気温・実効気温との関係は全被験者で負の相関であった。そのうち有意な値は1名であった。

低温時に低い値を示す傾向の結果として、データの測定日の季節の影響が考えられる。気温が高い夏季は最も高温な時間であり、室内にすることが多く、また午前中から室内にいる場合は長時間空調のきいた室内になる。夏季の空調のきいた室内の空気は、気温を下げるためにとっても乾燥している。室外では高温を記録する時刻に水分量が減少しやすい環境内にいることが多いために、高温時に水分量が低くなる傾向が見られたと考えられる。

不快指数も類似した結果であるために気温と同様の結果であると考えられる。

湿度・実効湿度では同一被験者で正の相関で有意な値

となっている。傾向はばらついており、実効湿度で正の相関が4名(66.7%)となっているが、有意な値以外はとも相関係数が低い。一方、飽差との関係は負の相関で全被験者一致したが、相関係数は低い。湿度・実効湿度のは相対湿度であることから、夏季・秋季では同一の湿度であっても、乾きやすさが違うためにこのような結果になったのではないかと考えられる。そのため、乾きやすさを表す飽差では全被験者で傾向が一致したのである。しかしながら、発汗を考慮していないために、相関係数が低くなったのではないかと考えられる。

時間によって分類して水分量と気象要素との相関関係を見たが、分類して解析を行っても顕著な結果を得ることはできなかった。また実効気温等に時間の重みをつけたものにつけないもの要素を比較しても、あまり違いは見られなかった。

## (2) 皮脂量

14時以前の皮脂量と気象要素との関係は、気温・実効気温共に全被験者で負の相関があり、有意な値は気温で2名、実効気温で1名となった。このような結果となった原因として、時刻ごと測定日の月が均等でないことがあげられる。図4.3のx軸は時刻を示しており、y軸は気温を示し、測定時刻での温度分布を被験者ごとに示している。そしてプロットされている点は月別に分類しており、どの時刻にどの月のデータが多いかを確認することが出来る。14時以前のデータの気温・月を見ると、被験者A、B、C、Fでは14時で秋季に測定したものが多いため、14時の気温の値の幅が大きくなっている。そのため、14時以前のデータでは時刻と気温との関係が負の相関になる。これは、時刻が大きくなるにつれて気温が低い値を示すことが多いことを示している。時刻と皮脂量が正の相関(表4.4)であることから、その結果として、被験者A、B、Fは時刻との関係が正である。被験者Cは負の相関になっているが、相関係数はとても小さい値になっている。一方、被験者Dは時刻と気温の関係が正の相関であり、時刻と皮脂量が負の相関であるために、結果として気温と皮脂量との関係が負の相関になっている。実効気温は過去の重みは付いているが、気温と同じ変化をすることから同様の結果となったのだと予想される。以上のことによって、気温・実効気温との関係が負の相関となるのだと考えられる。

湿度・実効湿度との関係は5名(83.3%)で負の相関となっているが、有意である値が正の相関である。相関係数もほとんどが有意な値に届くものではない。この結

果から、あまり湿度との相関はなさそうである。

飽差は傾向はばらつき、有意な値は無く相関係数も低い傾向があるため、関係は無いと言える。

不快指数は気温に類似した結果になり、5名で(83.3%)で負の相関となった。有意な値は被験者Bの1名だけであるが、有意ではない被験者D、Eの相関係数も比較的高くなっている。データ数の多い被験者Bの相関係数が有意となっていることから、データの少ない被験者D、Eのデータ数が増えれば有意な値となる可能性は高いと考えられる。不快指数と皮脂量との関係が負である理由として、気温の値を用いた要素である他に、接触による皮脂量の減少もあげられる。不快指数は蒸し暑さの目安であることから、不快指数と発汗には密接な関係があるだろう。そのため不快指数が高い値のときに発汗が起き、汗を拭う等の顔面に接触する行動によって皮脂量が減少したことが予想される。皮脂量は眉間で測定したため、汗を拭う時に接触しやすい部位であることや、皮脂量と時刻との相関で被験者C、Dで負の相関係数が高い傾向があることから接触による影響はありそうである。

15時以降の皮脂量と気象要素との関係は、気温・実効気温で比較的相関が多い傾向があり、有意な値は1名で気温・実効気温共に同一被験者であった。これらの傾向が出たのは、14時以前の気温・実効気温で考察した内容と同様の理由だと考えられる。図4.3から15時以降の気温の分布を見てみると、被験者C、E、F、で時刻の値が大きい時に夏季のデータが多いため気温分布の幅が大きくなっており、16時付近で秋季データが多く気温が低くなってしまっている。そして、表4.6からわかるように、時刻との関係が正となっているため、この2つの要素結果の合成によって現れた傾向だと考えられる。その他の被験者でも同様の理由で説明できる。

湿度・実効湿度は共に5名(83.3%)で正の相関があり、有意な値は湿度で1名、実効湿度で2名であった。その他の被験者の相関係数は低いものが多い傾向であった。湿度が高いほうが実効湿度の方が有意な値が増えることから、皮脂量の変化には過去の履歴を考慮したほうが相関関係が強くなりそうである。しかし、前述までと同様に、気温は変動が大きい相対湿度での比較はあまり好ましいものではないと言える。そのため、相対湿度が皮脂量と関係があるとは言い難い。

乾燥の度合いを示す飽差は有意な値は2名だが、それぞれ正負が一致しない。またその他の被験者も傾向はばらつき相関係数もとても低いものになっている。そのため、飽差との関係は無いと言える。

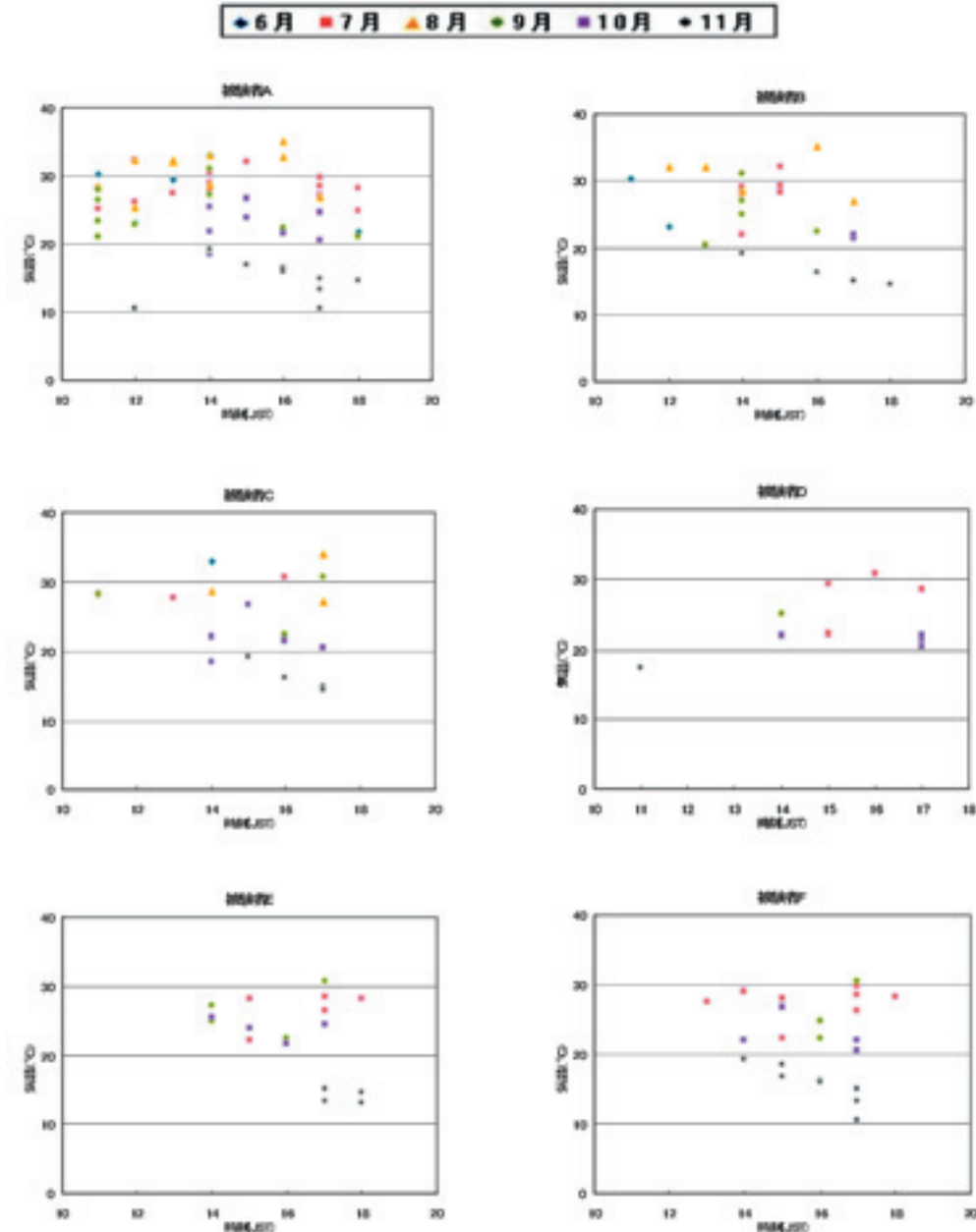


図4.3 被験者ごとの測定時刻の気温分布

最後に不快指数は、全被験者で正の相関となり、有意である被験者が気温の時と一致したことから、接触の影響よりも気温の影響の方が強いと考えられる。

時刻での分類による皮脂量と気象要素との関係は、皮脂が変動の大きい要素であるため、全被験者で統一した結果が得ることはできなかったが、気温がかかわる要素での有意な値が多かったことから、気温との関係はありそうである。また、時間経過の重みをつけた値よりも、測定時刻付近の気温の方が関係が強そうである。

#### 4.2 人工気象室の実験

水分量はケースごとに保湿して初期値を合わせるとい

う作業を行うことをしなかったため、同一経過時間の値で統一して解析をせず、全データの値を一緒に解析した。皮脂量は初期値を合わせているため、同一経過時間の値で分類して解析を行った。それぞれの要素との関係の一覧を水分量は表4.7、表4.8に、皮脂量は表4.9～表4.13に示す。

経過時間とは、水分量では1日の最初のケースの開始時刻から最後のケースの終了までの時間であり、皮脂量ではケースごとに洗顔をするので、1ケースごとの入室してから時間である。また、積算値は30分毎での積算である。皮脂量はケースごとに皮脂を除去するため、2時間だけの積算値になってしまうため、皮脂量では積算

表4.7 それぞれの要素と水分量の相関関係 (化粧有)

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
経過時間	- 0.7349	- 0.5514	- 0.7145	- 0.4052	- 0.4357
気温	0.7020	0.5480	0.6539	0.3903	0.3933
気温積算	- 0.7425	- 0.5456	- 0.6821	- 0.3622	- 0.4313
湿度	0.3082	- 0.1242	- 0.0336	- 0.5228	0.6808
不快指数	0.6800	0.5544	0.6467	0.3468	0.4226
飽差	0.2909	0.3933	0.4040	0.6018	- 0.2113
飽差積算	- 0.7536	- 0.1964	- 0.3750	0.1376	- 0.7779
蒸発散量	0.6927	0.6305	0.4896	0.1528	0.5200
蒸発散量積算	0.2374	0.4023	0.1316	0.0949	0.0095

色がついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表4.8 それぞれの要素と水分量の相関関係 (化粧無)

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
経過時間	- 0.5725	- 0.5513	- 0.5440	- 0.2177	- 0.5107
気温	0.5778	0.5113	0.5130	0.1751	0.4476
気温積算	- 0.4987	- 0.5982	- 0.5301	- 0.2096	- 0.5219
湿度	- 0.1613	- 0.1047	- 0.1326	- 0.6621	0.6342
不快指数	0.5008	0.5221	0.5286	0.0954	0.4802
飽差	0.5697	0.3788	0.3655	0.6166	- 0.1514
飽差積算	- 0.3275	- 0.2584	- 0.1775	0.2881	- 0.8073
蒸発散量	0.4922	0.4217	0.3759	- 0.1667	0.2293
蒸発散量積算	0.2424	0.0606	0.0486	- 0.2241	- 0.1338

色がついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表4.9 経過時間と皮脂量の相関関係

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
化粧有	0.0906	- 0.4338	- 0.0686	0.4347	0.3633
化粧無	0.4587	0.5753	0.3941	0.7452	0.7354

色がついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表4.10 測定開始直後の気象要素と皮脂量との相関関係

	化粧有					化粧無				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
気温	- 0.2347	- 0.1973	0.1679	0.5684	- 0.1361	0.4046	0.0590	0.2897	0.1041	0.5501
湿度	0.1643	0.4823	0.6116	- 0.2107	0.7237	- 0.8330	- 0.5757	- 0.3621	- 0.2602	- 0.3633
不快指数	- 0.2887	- 0.2665	0.2231	0.4457	- 0.0776	0.3279	0.0174	0.1892	0.0208	0.4460
飽差	- 0.1840	- 0.2514	- 0.3177	0.7154	- 0.5980	0.8661	0.3940	0.5604	0.3585	0.7486
蒸発散量	- 0.1267	0.1180	0.6029	0.1100	0.6103	0.2212	- 0.1431	0.0354	- 0.1327	0.6386

色がついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表 4. 11 測定開始30分後の気象要素と皮脂量との相関関係

	化粧品有					化粧品無				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
気温	- 0.0318	- 0.5431	- 0.0806	0.7481	0.6029	0.5354	- 0.0355	0.3248	0.6430	0.8174
湿度	0.1590	0.6823	0.0907	0.1870	0.6890	- 0.1089	- 0.8173	- 0.1575	- 0.4728	- 0.1187
不快指数	- 0.1045	- 0.5109	- 0.0850	0.7412	0.6495	0.4930	- 0.0749	0.3005	0.5211	0.7892
飽差	0.0370	- 0.7979	- 0.1606	0.3365	- 0.1435	0.5029	0.5145	0.2781	0.8898	0.5896
蒸発散量	0.2639	0.1393	- 0.1313	0.1195	0.6602	0.3546	0.1044	0.5511	0.0457	0.7202

色のついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表 4. 12 測定開始60分後の気象要素と皮脂量との相関関係

	化粧品有					化粧品無				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
気温	0.1352	0.0484	0.5390	0.2299	0.0782	- 0.0209	- 0.1200	0.4598	- 0.3083	0.3786
湿度	0.3574	0.1934	0.3008	- 0.2899	0.8011	0.5674	0.6437	0.3925	- 0.0606	0.3570
不快指数	0.2176	0.0225	0.5216	0.1962	0.1007	0.0146	- 0.0658	0.4797	- 0.2374	0.3824
飽差	- 0.2552	- 0.0805	0.1300	0.3844	- 0.4630	- 0.4013	- 0.5829	0.0369	- 0.2566	0.0043
蒸発散量	0.3751	0.1472	0.1140	- 0.2970	0.1442	- 0.2166	- 0.1923	0.2667	- 0.6867	0.5518

色のついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

表 4. 13 測定開始90分後の気象要素と皮脂量との相関関係

	化粧品有					化粧品無				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
気温	0.1588	0.4805	0.5527	0.8967	0.5391	0.6708	0.5188	0.7493	0.6436	0.7620
湿度	0.3898	0.7260	0.1011	- 0.1405	0.6942	0.3354	- 0.0194	0.2786	- 0.1994	0.1818
不快指数	0.2736	0.5760	0.5457	0.8752	0.5911	0.7389	0.4400	0.8276	0.6267	0.8187
飽差	- 0.3624	- 0.3331	0.2394	0.6266	- 0.1789	0.0350	0.4879	0.1335	0.5068	0.2274
蒸発散量	0.2609	0.5783	0.5022	0.3936	0.5206	0.5950	0.4770	0.2709	0.5276	0.5292

色のついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

値を扱わなかった。

蒸発散量の値は左右 (化粧品有・化粧品無) 2回ずつ測定しているので、それぞれの値を平均した。また、平均する前の値がその被験者の他の値に比べて、大きすぎる (2倍以上) 値は測定ミスとして、その値を省き、もう一方の値を平均せずに蒸発散量として扱った。

#### (1) 水分量

その結果、化粧品有では、被験者全員が時間経過と負の相関で有意な値となった。化粧品無でも全員が負の相関があり、被験者 4 以外は有意な値であった。

結果から、今回ケースの順序では、経過とともに角層内の水分量は減少していった。このことは、常に皮膚面で不感蒸泄によって蒸発が起きているためであると考えられる。また、実験ですべてのケースで目に見える発汗は確認されなかったため、不感蒸泄による水分量の減少が顕著に表れたのだといえる。

気温と水分量は表 4. 7、表 4. 8 に示すように、化粧品の有無に関係なく全て正の相関があり、化粧品無の 1 名以外は全員有意な値となった。このことは、気温が高い時に水分量も多くなる傾向があることを示唆している。気温を高くすると水分量が多くなる原因として、目には見えない発汗や、皮膚面からの蒸発の量が皮膚の温度における飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気分圧との差に比例することの影響があげられる。ヒトは、恒温動物であるために体温がほぼ一定である。そのため、顔面の皮膚温は環境温度の影響を受けても、環境気温の変動よりも皮膚温の変動は小さいはずである。そのため、今回の実験での条件では、気温が高い方が水蒸気圧は大きい場合が多く、気温が高い時に皮膚温での飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気分圧との差は小さくなる傾向がある。これらの理由から、高温時の方が水分量の減少が小さかったのではないかと考えられる。しかし、ケースごとでの水分量の変化は小さかったため、1日の中の実験で徐々に

表 4. 14 皮膚面の飽和水蒸気圧と水蒸気圧の差と水分量との相関係数

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5
化粧有	- 0.6415	- 0.3512	- 0.4314	0.0686	- 0.6805
化粧無	- 0.1923	- 0.3677	- 0.3380	0.3675	- 0.7062

色のついている値は、統計的に有意な値 (危険率 5%)。

気温を下げた影響も出ていると考えられる。そのため、気温の低い条件から徐々に気温を上げる順番での実験も行う必要がある。

気温積算も経過時間と同様の結果となった。この結果は経過時間と水分量の関係が高いことの影響が含まれている。また、相関係数が経過時刻よりも低いことから、経過時間よりも気温積算との関係の方が関係が小さい。そのため、気温と同様に、ケースの順番を変更した実験を行い、もう一度検討しなければいけない。

湿度との関係は相関関係の傾向が一致せず、化粧有・化粧無共に有意な値は 2 名だったがその 2 名の傾向も一致しなかった。やはり相対湿度では気温を統一していない場合、関係を見出すことが出来ないようである。

乾き具合を示す飽差では、化粧の有無に関係なく被験者 5 以外は全被験者で正の相関があり、正の相関ではほぼ全て有意な値となった。これは、気温の影響があると考えられる。気温を徐々に下げていく順番で実験を行うことは、飽差が大きい条件から徐々に飽差が小さくなっていく条件に変化させることと同じである。そのため、今回の実験では気温の影響の方が強くでていると考えられる。飽差との関係は全条件のデータを使うのではなく、同じ気温で比較することが必要である。また、飽差との関係が顕著でなかったために、飽差積算の傾向も顕著に表れなかった。

飽差との関係が明らかではなかったため、実験中の皮膚温を 35 と仮定 (平均体温) し、水分量と比較した (表 4. 14)。その結果、被験者 4 以外では全被験者で負の相関があり、ほぼ全て有意な値となった。これらの水蒸気圧差と皮膚面での蒸発が比例することから、水分量が少なくなる傾向は妥当であるといえる。実際の顔面の皮膚温は、気温の影響を受け変化するが、35 と固定した値でも、良い結果を得ることができた。そのため、皮膚温の把握は水分量の変化を調べるためには必要である。

不快指数との関係は、化粧の有無に関係なく全被験者で正の相関となった。そのうち化粧無しでの 1 名以外全被験者で有意な値となった。この結果は気温の結果と一致する。気温を使って算出した値であることが、このような結果となった原因であると考えられる。

次に蒸発散量と水分量との関係は、化粧有では全てが正の相関であり、そのうち 4 名が有意な値であった。化粧無では、4 名が正の相関で、有意な値は 3 名であった。この結果から、蒸発散量と水分量との間には正の有意な関係が認められた。しかし、蒸発散量は皮膚面からの蒸発量を表していることから、蒸発散量が多いときに水分量が多いことは矛盾が生じる。蒸発散量と皮膚温での飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気圧差と皮膚面での蒸発が比例することから、皮膚温を 35 と仮定したときの飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気圧差と測定した蒸発散量との関係を確かめてみると、全ての被験者が化粧の有無に関係なく負の値であり、ほぼ全てが有意な値であった (表 4. 15)。このことは、水蒸気圧差が小さい時に蒸発散量が多くなるということであり、また矛盾が起きてしまう。

そこで次に蒸発散量と気温との関係を確かめてみると、化粧の有無に関係なく正の相関があり、ほぼ全ての値が有意となった (表 4. 16)。湿度別に関係を見てみると、全てが正の相関であり、30 の値のうち 20 が有意な値となった (表 4. 17)。これらのことから、蒸発散量は気温・湿度と相関関係があると考えられる。そこで、気温と湿度から算出する飽差との相関関係を求めた。その結果、ほぼ全て正の相関であり、ほとんどの値が有意であった。よって、乾きやすい環境空気であるほど蒸発散量は増加する傾向がある。

蒸発散量が多いときに水分量が多くなった原因として、Evaporimeter で測定する値は、皮膚からの不感蒸泄による蒸発量だけではなく、発汗があった場合は汗の蒸発量も含まれることがあげられる。これは目に見えない発汗が起きている時は、汗が蒸発した量が含まれて蒸発散量が大きくなり、その結果、蒸発散量の多くが汗の蒸発であるために角層の水分量の変化は小さくなるということが考えられる。皮膚面の飽和水蒸気圧と水蒸気圧の差の値は、環境気温の飽和水蒸気圧より、皮膚温での飽和水蒸気圧の方があまり大きな変化をしないため、環境空気の水蒸気圧の大きさが大きくなるほど、皮膚温での飽和水蒸気圧差は小さいものになる。よって、同一湿度内では気温が高いほど水蒸気をたくさん含んでいる。一方、



表4.15 皮膚面の飽和水蒸気圧と水蒸気圧の差と蒸発散量との相関関係

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
化粧有	-0.6629	-0.5615	-0.3310	-0.3906	-0.5483
化粧無	-0.6068	-0.6241	-0.3583	-0.3228	-0.3646

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）。

表4.16 気温と蒸発散量の相関係数

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
化粧有	0.8284	0.4461	0.5238	0.3559	0.5711
化粧無	0.7507	0.7951	0.6646	0.2647	0.8219

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）。

表4.17 湿度別での気温と蒸発散量の相関係数

化粧の有無と湿度	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
化粧有 RH=30%	0.7547	0.6926	0.6619	0.5761	0.9375
化粧有 RH=55%	0.8860	0.5551	0.6918	0.4165	0.1954
化粧有 RH=80%	0.8860	0.4415	0.4828	0.3618	0.8005
化粧無 RH=30%	0.8520	0.7659	0.8934	0.1983	0.9290
化粧無 RH=55%	0.7578	0.8653	0.7582	0.4922	0.9487
化粧無 RH=80%	0.7284	0.8060	0.5512	0.0426	0.7797

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）。

表4.18 飽差と蒸発散量との相関関係

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
化粧有	0.4516	0.0280	0.3855	0.0406	0.2121
化粧無	0.3931	0.4583	0.5224	-0.0372	0.7434

色についている値は、統計的に有意な値（危険率5%）。

飽差の値は水蒸気圧の大きさでは、値の大小は決定せず、環境気温での飽和水蒸気圧の大きさが重要になる。そのため、同一湿度環境では気温が高いほど飽差が大きくなる。この違いが皮膚面の飽和水蒸気圧と水蒸気圧の差と蒸発散量が負の相関関係になった原因だと考えられる。しかしながら、蒸発量が皮膚温での飽和水蒸気圧と環境空気の水蒸気圧との差に比例することがあきらかにされていることから、実際の水分量に影響を与えているのは蒸発量の測定が正しくない可能性が高いといえる。両方共有意である値が多いことから、再度実験を行い、これらの関係を明らかにする必要がある。

化粧による水分量への影響は、化粧有の方が有意な値が多く同じ項目での傾向が一致しやすい。そのため、化粧をすることで個人差が小さくなったのではないかと考えられる。しかし、被験者4は他の被験者とは異なる結果が出る傾向があったため、被験者4は他の被験者よりも個人差が大きいと考えられる。

## (2) 皮脂量

時間経過との関係は、化粧有では時間経過との関係の傾向が一致せず、有意である値の傾向も一致しなかった。しかし、化粧無では全員正の相関で有意な値となった。

このことから、化粧には皮脂を抑制する等の効果があることが予想される。化粧無の状態では皮脂量を抑制することなく、時間経過とともに皮脂は分泌されることで、その量は積算値となり徐々に増加していくと考えられる。そのため、化粧有の皮脂量は変動が大きく、あまり顕著な結果が得られないのであろうと考えられる。

気温と皮脂量は測定開始直後～60分までは気温の違いによる変化はあまりみられなかった（表4.11・表4.12）。傾向は一致せず、相関係数もあまり高いものではなかった。測定開始90分から全被験者で正の相関となり、相関係数も比較的高いものとなった。そのうち有意な値は化粧無で3名であった（表4.13）。時間経過が長いほど、気温の影響が顕著になることが考えられる。また、化粧

有は化粧無と同じ傾向ではあるが、相関係数が化粧無より低くなっている。このことは、化粧が環境の影響を小さくしているということが考えられる。皮脂量は環境温度の上昇とともに増加するといわれている<sup>1)</sup>が同様の結果となった。気温が上がると皮脂腺が刺激されて分泌量が増加するのであろう。人工気象室での実験で、皮脂量が環境温度変化に順応するには1時間以上を要するためか、被験者の個体差が大きかったために有意差が出なかったのではないかと考察されている<sup>1)</sup>ことから、経過時刻が90分頃から順応し始めたために有意な変化が表れたのだと考えられる。今回の実験では90分が1ケースで最長であったが、それ以上測定を続けることでさらに顕著な結果が得られることが予想される。

気温に最も依存する不快指数も、気温と同様の結果となった。気温・不快指数の影響が顕著になり始める90分後での相関係数は、不快指数の方が気温よりも高くなっているものが多い。このことは、皮脂量には湿度による影響が若干あるといえるだろう。しかし湿度との関係を見ると、有意な値が多少あるが、化粧の有無によって傾向が逆になること(表4.11での被験者2、5等)や、全被験者で同様の傾向が見られないことから、湿度との相関関係はあるとはいいがたい。湿度との関係については更なる検討が必要である。

その他の要素である飽差との関係は、傾向は大きくばらついており、有意である値も少なかった。よって、飽差との関係はないといえる。

蒸発散量との関係は直後～60分までの傾向は一致せず、有意な値はほとんど無かった。しかし、90分での結果は有意な値ではないが、比較的高い相関係数であり全被験者で化粧の有無に関係なく正の相関関係を有していた。皮脂は油分であるため、蒸発散量を防ぐバリアー機能があると考えていたが、その役割は細胞間脂質が果たしているとの報告<sup>3)</sup>がある。皮脂量が多い時に蒸発散量が多いことは、気温と蒸発散量の正の相関関係が表れた結果であり、気温と皮脂量が正の相関関係があることから、このような結果になったのだと考えられる。

化粧による皮脂量への影響は、上述したように化粧は環境の影響が小さくする効果があることが考えられる。今日でのファンデーションやメイク下地は皮脂コントロール機能があるものが多いため、今回使用した化粧品にもこのような効果があったことが予想される。

## 第5章 まとめ

自然環境の中での人間の皮膚は様々な因子によって影響を受けている。そのなかでも気象要素の影響を評価するためには可能な限り気象要素以外の因子の影響を考慮しなければならない。

自然環境での測定では、化粧、発汗、行動等や生理機能(睡眠・食事など)の個人差の大きいものによるノイズが多く含まれることから気象要素の影響が現れにくい。これは測定時間が一定でない等の測定方法の問題点や、近年、建物の中では空調設備が整っており、1年中を通して快適な環境を作っていることから、自然環境での気象要素とはまったく違う環境の影響を受けている点もあげられる。例えば、夏では、室外は気温が高く発汗が起こるが、室内では発汗が起こらない程度の快適な室温となっている。冷房によって室温を下げるために湿度が低下することも同時に起こる。そのため、夏には皮膚が乾燥することが起りにくいはずなのにもかかわらず、室内に長時間いることで乾燥してしまう場合がある。そのため、室外での気象データとの相関が見られないのであろう。今回行った人工気象室の実験のように、環境条件を調節する測定では、自然環境の測定のようなノイズが少なくなるために気象要素の影響が顕著に表れる。水分量には、気温・飽差・蒸発散量等の要素との関係が見られ、皮脂量と気温には強い関係が見られたことから、皮膚は気象要素の影響を受けることが明らかである。

自然環境での結果と人工気象室での実験での結果は、自然環境での測定で顕著な結果が出なかったために、結果を比較することはできなかった。その原因として人工気象室と自然環境での測定では、気象データの分解能の違いや測定時間の時間スケールの違いがあるために、結果の現れ方に差が出たことが考えられる。しかし、これらの結果を比較することは重要であるため、自然環境での気象要素の影響を明らかにする必要がある。

過去の論文から水分量は、発汗による影響が大きくするために、今回の夏季・秋季の測定では顕著な結果を得ることができなかったと推論されることから、冬季・春季では今回の結果よりも顕著な結果が出ることが予想される。皮脂量の増減は、水分量と違って単純であるため、増減の判断が理解しやすい。そのため、できる限り皮脂量を減少させないような考慮を行えば、自然環境での気象要素との関係を議論できるようになるのではないかと考えられる。そのため、今後も測定を継続して行い、さらなる研究が必要である。

## 参考文献

- 1) 大野盛秀・飯田宏・広瀬統・小島肇・長谷川和富 (1987) : 皮膚生理機能におよぼす気温, 湿度, 季節, および洗顔の影響, 日本皮膚学会誌, 97(8), 953 - 964
- 2) 木村秀人 (1979) : 化粧の健康皮膚におよぼす影響 とくに皮膚機能について, 西日本皮膚科, 41(3), 410 - 417
- 3) 見城勝 (2004) : 皮脂測定からみた皮脂組成の季節変動と肌状態・肌質の関係, FRAGRANCE JOURNAL, 2004 - 3, 31 - 40
- 4) 佐々木隆 (1982) : 『健康と気象』, 朝倉書店, 197
- 5) 佐藤悦久 (1999) : 『紫外線がわたしたちを狙っている』, 丸善, 109
- 6) 大後美保・庄司光 (1964) : 『生活科学ハンドブック』, 朝倉書店, 646
- 7) 高西完治・関口直孝・米田隆志・船久保照康・R. Chabicovsky (2001) : 皮膚水分量計測システムの開発. バイオエンジニアリング講演会講演論文集, 13, 222 - 223.
- 8) 高橋きよみ・村松宜江 (2002) : 顔面皮脂量の部位差について, 日本化粧品技術者会誌, 36(1), 17 - 24
- 9) 高橋元次 (2000) : 肌の生理測定と化粧品有効性評価への応用, 日本化粧品技術者会誌, 34(1), 5 - 25
- 10) 田上八朗 (1999) : 『皮膚の医学』, 中公新書, 272
- 11) 田上八朗 (2005) : アトピー性皮膚炎と皮膚のバリア機能, アレルギー, 54(5), 445 - 450
- 12) 田中正敏 (1996) : 『人と水のかかわり』, 理工図書, 172
- 13) 田村照子 (2000) : 『基礎被服衛生学』, 文化出版局, 221
- 14) 田村照子・酒井豊子 (1999) : 『着ごこちの追求』, 放送大学教材, 212
- 15) 月田佳寿美・宮崎徳子・長谷川智子・白川かおる・佐藤ゆかり・中垣雅美・南部望・渡辺裕子 (2002) : 清拭による石鹸の使用法の違いによる皮膚表面への影響 皮膚表面解析, 皮表角層水分量, 皮膚表面の pH を指標として, 福井医科大学研究雑誌, 3(1・2), 31 - 38
- 16) 傳田光洋 (2005) : 『皮膚は考える』, 岩波書店, 102
- 17) バイオクリマ研究会 (2004) : 『気候風土に学ぶ 暮らしと健康の歳時記』, 学生社, 226
- 18) 畠山久尚 (1978) : 『気象と火災 日本の風土と火災』, 全国加湿法令出版, 239
- 19) 平田倫子・小林美佳子・市丸雄平 (2005) : 皮脂分泌速度の検討, 日本生理人類学誌, 10 特別号(1), 58 - 59
- 20) 吉国好道・田上八朗・白浜茂穂・佐野勉・井上邦雄・山田瑞穂 (1983) : 身体各部位における皮表角層水分量の季節的变化とそれに関与する因子について, 日本皮膚科学会雑誌, 93(5), 491 - 495
- 21) 吉野正敏・福岡義隆 (2002) : 『医学気象予報 バイオウェザー・天気の不思議な関係』, 角川書店, 196

## Influences of Meteorological Factors on Facial Skin Surface

Yuka FUJITA\*, Takashi YAMAMOTO\*\*, Teriko TAMURA\*\*\*, Yoshitaka FUKUOKA\*

\* Rissho University

\*\* IDEA Consultants Inc.

\*\*\* Bunka Women's University

**Abstract:** Since the skin is boundary between environment and body, it continues to change under the environmental influence just like the mirror reflecting the way of life. Therefore, the authors try to clarify how the meteorological components have influences on the skin.

Twelve of healthy female students have been examined by Corneometer, Sebumeter and so on in the air-conditioned laboratory of Rissho University. By means of statistical analysis, there are found to be various relations between the skin surface moisture and the meteorological factors. Especially it is noteworthy that the skin moisture is in positive proportion to the weighted water vapor pressure.

**Keywords:** Facial skin surface, skin surface moisture, statistical analysis