

# はじめての発汗測定 -発汗測定のスズメ

Ver1.00(2019/12/10)

この資料は発汗測定に興味のある方のために作成しました。  
かなりおおざっぱなので、興味湧いたら色々調べてみてください。

日本での発汗測定の歴史は古く、日本発汗学会という発汗研究者の学会があります。  
毎年8月～9月頃 学会が開かれ、年2回 機関誌「発汗学」が発行されています。

当社では換気カプセル法を使った発汗計を製造・販売していますので後半になると換気カプセル型発汗計の話になってきます。  
興味が無ければ読み飛ばしてください。

## 発汗の測定について書く前にそもそも発汗とは何？ どんな機能がどんな意味があるの？という疑問がありますよね。

日常生活で汗をかく時というと

1. 運動したとき
2. 暑いとき
3. 緊張したとき
4. 辛い物を食べるとき(食事をしてる時)      とか思い浮かびます。

その辺から書いてみようと思います。

## 1. 汗の種類

先ほど日常生活において4つほど汗の出る時を書きましたが、  
発汗は3種類に分類されています。

1. 精神性発汗 (緊張したとき)
2. 温熱性発汗 (運動したとき・暑いとき)
3. 味覚性発汗 (辛い物を食べた時) と呼ばれています。

### (1) 精神性発汗

緊張したり、びっくりした時など人の感情の起伏によって出現する汗です。

(主な出現部位: 手の平、足裏)

### (2) 温熱性発汗

運動や暑い環境の中で、体温が上がらないようにするために出現する汗です。  
体温調節のための汗です。

(主な出現する部位: 上記の部分以外 ほぼ全身)

### (3) 味覚性発汗

食べ物を食べた時に、味覚(主に舌)の刺激によって出る汗です。

(主な出現する部位: 顔面や頭部)



手掌部の拡大写真  
(マイクロスコープカメラで撮影)



前腕部の拡大写真

色々書きたいことはありますが、詳細はあとのページに書きます。(備考1. 汗について)

## 2. 発汗測定の種類

発汗測定といっても色々な方法があります。

下記に5種類ほど紹介しますが、それぞれの方法に長短があります。  
用途によって使い分けたり、併用すると良いと思います。

No.	測定名称	方法	長所	短所	分野
1	体重計測	測定前と、運動等の活動後の、体重差を持って発汗量を測定する方法。 (飲料した量や排泄物(排尿等)、呼気による水分蒸発も計算に入れる。)	体重計で計測が可能。 総発汗量がわかる。 (定量的)	継時的な発汗の状況は分らない。	温熱性発汗の研究など
2	ミノール法	ヨード、ヒマシ油、無水アルコールの混合液を全身に塗布し、乾燥後デンプンをむらなく吹き付ける。 汗をかくと発汗部は紫色に変色するので発汗出現部位がわかる。 継時的な発汗状況を写真等で記録する。	全身の発汗出現部位がわかる。 自律神経のどの神経節の異常なのか、ある程度推測ができる。 (定性的)	総発汗量はわからない。 全身に検査液を塗るため被験者への負担が大きい。	自律神経分野の研究・検査
3	換気カプセル法	換気されているカプセルを被験者へ装着することで局所的に発汗を測定できる。 (原理等の詳細は項目6~9)	カプセルを取り付けるだけなので計測は簡単。 局所的ではあるが継時的な発汗の状況がわかる。 局所的ではあるが定量的な発汗量がわかる。	局所での発汗計測のため全身の総発汗量は分らない。	各分野での研究

No.	測定名称	方法	長所	短所	分野
4	光コヒーレンストモグラフィ(OCT)	近赤外線の光で断層画像を作り、皮膚下の汗腺の状況が測定できる。	皮膚表面にはでてこない汗の状況も把握可能 1つの汗腺の観測が可能	機材が高価。 局所的なので総発汗量は分からない。	皮膚科学分野、 生理学分野での研究
5	皮膚電気活動(EDA)	精神性の発汗出現前に起こる皮膚での電気的な変化を捉える方法。 精神性の発汗部位(手掌・足底)に電極を取付け、汗腺の活動によって誘導される電気変化を捉える。	電極を装着するだけで計測可能。 機材が比較的安価。	皮膚の電気的な変化のため厳密には発汗現象ではない。 定性的な変化のため発汗量などは分からない。	人間工学・心理学分野の研究

### 3. 測定環境を整えること

発汗は温度環境によって変わります。そのため試験環境(温度・湿度)は必ず記録しましょう。  
特に寒暖の差が激しい時期や外気と測定環境に温度差がある場合は、すぐ実験を行わず、被験者の体を試験環境に慣らしてから測定を行うのも重要です。

## 4. 体温測定も

発汗と共に計測すべきものが体温です。

特に温熱性発汗現象の測定の場合、体温測定は非常に重要です。ここで言う体温とは腋窩や口腔ではなく、環境温度の影響を受けにくい身体深部の核心温度です。(深部体温とも呼ばれます。)

温熱性発汗は核心温度に比例して、出現します。核心温度は主に食道内・直腸内・鼓膜で測定します。

また精神性発汗試験でも皮膚温が28～30℃になるような環境(環境温度が20～25℃ 湿度60%程度)での試験が良いといわれています。(環境温度が低い(15℃以下)と精神性発汗も出にくいようです。)

## 5. 参考文献(専門的助言)

以下の書籍は今回の資料を作るうえで参考(引用)にした資料です。

発汗に関する書籍は1980年代から2000年ごろまでは多く出版されていたのですが、最近はあまり見かけなくなりました。もし以下の書籍に出会う機会があれば、読んでみてください。

- ・汗の常識・非常識 小川徳雄 講談社(1998)
- ・温熱生理学 中山昭雄(編) 理工学社(1981)
- ・Human Perspiration Kuno Y (1956)
- ・自律神経機能検査 第3版 株式会社 分光堂(2000)
- ・皮膚電気活動 新美良純・鈴木二郎 星和書店(1986)
- ・新生理学大系 22 エネルギー代謝・体温調節の生理学 医学書院(1987)
- ・新・汗の話 小川徳雄 アドア出版(1994)

また、本資料作成の上で中京大学 スポーツ科学部 教授 松本孝朗先生から発汗に関する専門的なご助言をいただきました。

# 備考1. 汗について(詳細)

## 1. エクリン腺とアポクリン腺

人の体には2つの種類の汗腺があります。それがエクリン腺とアポクリン腺です。  
エクリン腺はほぼ全身のいたるところにあり、アポクリン腺は有毛部にあります。(脇の下等)。  
この資料では汗というとエクリン腺から出たものについて書いています。

## 2. 汗腺の数

エクリン腺の汗腺の数は200万～500万個といわれています。その中で実際に汗を出す汗腺(能動汗腺といいます。)は日本人では約230万個だと言われています。日本人と書いたのには理由があり、能動汗腺は生後2年半までにどのくらい暑さにさらされたかによって変わるそうです。そのため熱帯地方と寒帯地方の出身者では能動汗腺が異なるそうです。

## 3. 汗の用途

項目2の汗の種類で精神性発汗・温熱性発汗と味覚性発汗があると紹介しました。

この3つの汗はそれぞれ異なった用途があります。

またその用途が最大限に生かせるように私たちの体も作られています。

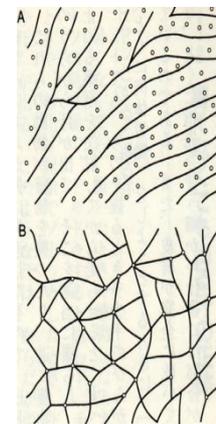
### (1)精神性発汗

緊張やびっくりした時などの情動によって出現する汗であり、手掌部、足底に出現する。

出現は瞬時であるが微量であり、すぐに消失する。同じ緊張や刺激を続けると慣れてしまい、発現する汗は小さくなっていく。汗の出る部分(汗孔という)は指紋・掌紋の上(皮膚隆起部分)にあり、汗孔部にとどまりやすく、滑り止めの役目も果たせるようになっている。

### (2)温熱性発汗

運動時や暑い環境の中で、出現する汗であり、ほぼ全身に出現する。温熱性発汗は体温調節機能の一部であり、体温上昇を抑えるため汗を出現させ、汗の蒸発によって熱を奪い(気化熱)体温を下げる役割を行っている。汗孔は皮膚の小じわの混じわった所に多く、皮膚面に出た汗が小皺を伝って広がりやすくなっており、濡れた面積を広げ、蒸発を速めている。(気化しやすくしている。)



汗孔の位置  
A:手の平(皮膚隆起部)にあり汗が留まりやすい構造  
B:ほぼ全身、小じわの交わった部分にあり、汗が広がりやすい構造

### 3. 汗の用途(つづき)

#### (3)味覚性発汗

日常生活では辛い食べ物を食べると出る汗を言われていますが、実際はチョコレートやチーズ等でも汗をかいたりするそうです。(個人差があるようです。)

味覚性発汗は舌にある味覚受容器に「辛い、甘い、酸っぱい、苦い」などの刺激を受けることで、出現し、特に辛みに強く反応しますが、すぐに汗が引きます。この反応は反射と呼ばれています。

出現する汗は温熱性発汗と同じ部位ですが、味覚受容器の刺激による反射のため、温熱性発汗とは分けて分類されています。

### 4. 性差について

男女によって発汗量には差があり、男子の方が汗が多いといわれています。

それは女性の方が男性よりの基礎代謝量が少なく、それだけ熱の産生量が少ないそうです。

個々の汗腺の最高発汗量も男性の方が多そうです。

### 5. 汗がたくさんでる。汗がでない。

原発性局所多汗症や無汗症と呼ばれており、原発性局所多汗症は精神性発汗の部位(手掌、足底)の汗が大量に出現し、書類等が濡れて仕事や学校生活に支障をきたすほどといわれています。多汗症は日本皮膚科学会でガイドラインが作成されており、様々な治療に関してのガイドラインがあります。(原発性局所多汗症ガイドラインをご参照ください。)

無汗症は先天性のものや、突発性のもので、全身または体の1部分だけ汗が出ない等、主に神経内科の分野での研究・治療が行われています。

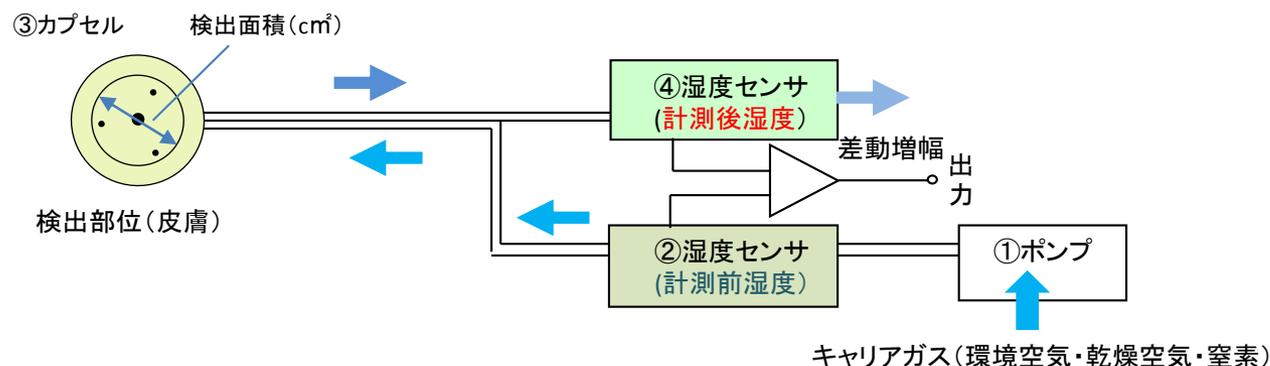
(局所発汗計を使用したQSART(定量的軸索反射性発汗試験)やミノール法等を診断に役立てています。)

## 6. 換気カプセル型発汗計の利点

換気カプセル法は1960～70年代には考案され、研究者によって製作・使用されてきた測定法です。換気カプセル法の最大の利点は発汗の継時的な現象を捉えることができることです。従来の発汗測定では総発汗量は計測できましたが、過程は計測できませんでした。その継時的な変化を捉えることができるようにしたのが換気カプセル法です。

## 7. 換気カプセル型発汗計の原理

換気カプセル法の原理は非常に簡単で、カプセルと湿度センサ、キャリアガス換気装置(窒素ポンプ、ポンプ等)で構成されています。下記に換気カプセルの簡単な構成図を記載します。



換気カプセル法は汗をキャリアガスによって蒸発させて湿度センサで計測するシステムです。キャリアガスは窒素ガス(湿度0%)や試験環境の空気を使用します。上記の図で説明すると、キャリアガスは①ポンプから1個目の②湿度センサを通ります。そこで現在の湿度を電気信号に変換します。(計測前湿度とします。)②のセンサを通ったキャリアガスは③カプセルに到達します。水分がある場合、キャリアガスによって蒸発が起こります。キャリアガスはそのまま④湿度センサに送られ、湿度を電気信号に変換されます。(計測後湿度)カプセルを通ったキャリアガスはカプセル内に水分(汗)があった場合、④のセンサでは②のセンサに比べ差が出ており、その差をカプセル内で出現した水分(汗)の量と判断しています。

換気カプセル法が考案された当初は窒素ポンプ(湿度0%)を使用した機器でした(現在でもご使用されている研究等はたくさんあります。)が最近では消耗品のコストやシステムの手軽さ等で環境空気が使えるタイプがほとんどです。

## 8. 換気カプセル型発汗計の説明

下の写真はスキノス技研製の発汗計(写真は正面、背面、カプセル部)です。

### (1) 主な特徴

- ・ 標準型の2チャンネルタイプ(POS-02)です。
- ・ カプセルの検出面積は $1\text{cm}^2$ となっています。(スキノス技研の標準)
- ・ キャリアガスは環境空気を使用しており、コストもかかりません。
- ・ カプセル部分は検出部位へ取り付けやすいように取り外し可能です。
- ・ 消耗品はカプセルを検出箇所に取り付ける両面シールだけです。
- ・ アナログ出力は電圧値で出ています。(1 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{min}$  = 1.0V 換算です。)
- ・ PCIに直接つなぎ、計測データを取得することも可能です。

### (2) 発汗計の単位

発汗計の単位は特殊で( $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{min}$ )と表現されています。1分間(min)に単位面積当たり( $\text{cm}^2$ )何mg(mg)水分があるかを表現しています。単位の中に1分間当たりという時間単位が入っているので、わかりにくいですが、短い時間間隔では水分の変化量が非常に小さくわかりにくい為、1分間という時間単位が採用されています。イメージとしては車などの時速の単位(km/h)と同じと考えてもらえるとわかりやすいと思います。



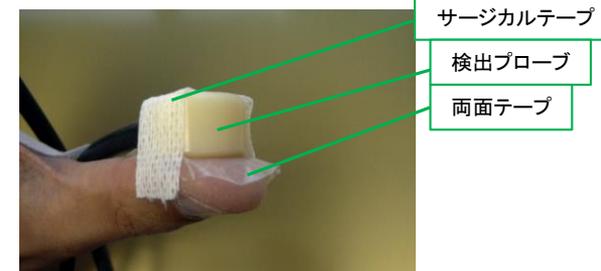
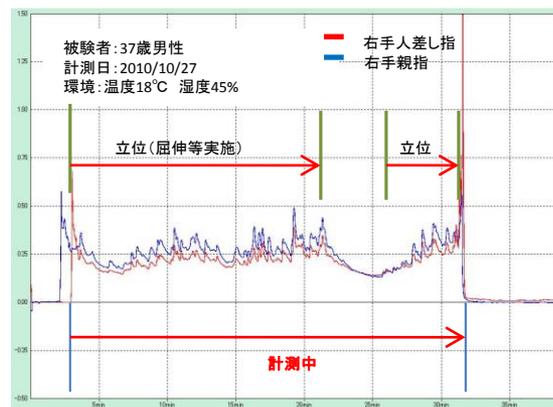
## 9. 換気カプセル型発汗計の使用法(おおまかな手順)

### (1) 使用準備

- ・試験環境条件を決めます。(精神性発汗や温熱性発汗によって設定条件は変わります。)
- ・発汗計の電源を投入し、15分～30分試験環境に慣らしします。
- ・被験者の体も試験環境に慣らすため、安静にします。(特に暑い日や寒い日には試験環境と外気の差が大きい場合は特に)
- ・発汗計のカプセルを被験者に取り付けます。(写真1: 手掌部) 両面テープとサージカルテープを使用して取り付けてください。(手で押さえるだけだと、圧迫してしまうので汗が出にくくなります。)  
安静にしていると、徐々に発汗数値の変化が小さくなります。

### (2) 試験開始

被験者に負荷をかけます。(精神性の場合: 精神的なストレス)(温熱性の場合: 運動など)  
(写真2: 精神性発汗現象の計測結果)



### (3) 試験後

試験後は10分間ほど発汗計の換気作業を行います。

サージカルテープは両面テープの固定を補助する程度としたほうが発汗が出やすいと思います。  
(指にサージカルテープを巻くと圧迫されて発汗が出にくくなると思います。)

## 10.出荷検査

当社(スキノス技研)の発汗計は出荷前検査として、秤量法を採用しています。  
この出荷検査は、非常に重要な検査のため、慎重に行っています。

### (1)秤量法とは

精密天秤で精製水を入れたカップを測定した後、検出カプセルに取り付ける。一定時間経過の後、再度カップを精密天秤で測定する。その結果と発汗計の出力(総量)を比較・確認する。

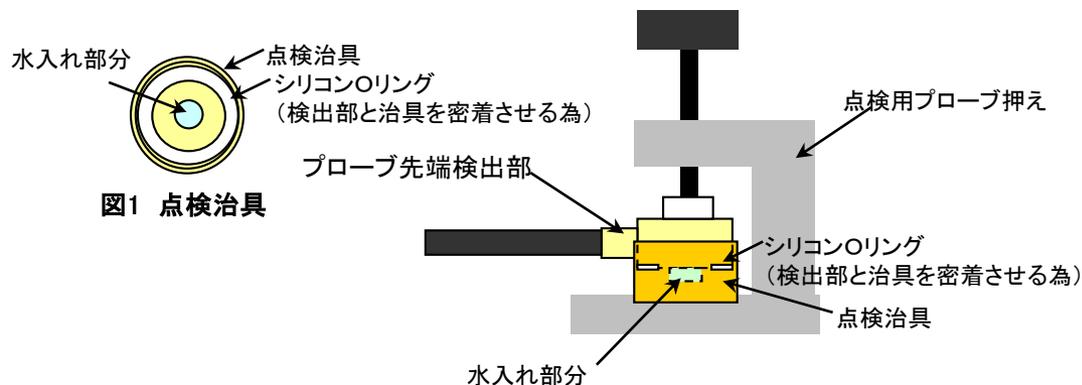


図1 点検治具

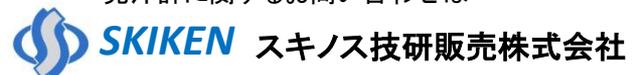
図2 検出部一点検治具接続図

### (2)試験環境

試験機材は環境試験器(エスペック社製)、精密天秤等を使用。(下の写真は当社の試験機器(天秤、環境試験器))  
出荷試験は上記機器を使い、25℃,35℃で確認しています。



発汗計に関するお問い合わせは



〒457-0012 名古屋市南区菊住2-15-18

TEL:052-883-9636 FAX:052-308-8853

HP: <http://ase-skiken.co.jp> または “スキノス技研” で検索

Mail: [info@skiken.jp](mailto:info@skiken.jp)