**表計算ソフトを用いた気温や気圧**

**そして温度の精密測定**

**～目的～**

　実験データは周りの環境に影響され、影響を与える物理量として気温･気圧･温度などがあり、本実験ではそれらを精密に測定することである。近年，環境に関する測定装置はデジタル表示のものが多くなり、単に数値を読み取るだけになっている。それらは電気的に自動計測しているため、その測定値はある基準値によって補正を行わないと無意味なものとなってしまう。そこで、本実験では気温･気圧･湿度を測定するための標準的な装置を用いた実験を通じ、環境物理量の測定原理と測定値の物理的意味を理解することを目的とする。

**～理論～**

**Ⅰ．気温の測定**

1. **気温とは**

　日頃、テレビの天気予報で耳にする気温とは大気の温度を意味している。

我々の生活する地球のように、太陽からの放射に対してほぼ透明な大気の地上温度は地表面の温度に近い。地上気温の概算値は太陽から地表に入射する放射エネルギーと地表面からの熱放射によって宇宙空間に逃げる放射エネルギーが等しいという放射平衡の条件から見積もることができる。このようにして求めた地球大気の温度は253Ｋ(約－20℃)である。

これに対し、観測された地上気温の平均値は288K(約15℃)となる。この相違は大気の温室効果に関連して、近年，二酸化炭素などの温室効果ガスの影響による地球温暖化問題が取り上げられるようになってきた。2002年の気象庁の発表では長期的な傾向として地上気温は100年に１℃の割合で上昇していると報告されている。このように気温とは、日頃、我々が「暑い」あるいは「寒い」など定性的に捉えていないのが、身近な環境物理量の一つなのである。

1. **温度計**

　温度を測定する装置としては熱電対、サーミタル、液晶温度計などが存在する。

今日の温度計の測定原理としては液体の熱膨張だけでなく、電気抵抗や熱起電力など物質の熱的性質も利用するものもある。本実験ではアルコール温度計および水銀温度計は、毛細管状に加工されたガラス管にアルコールや水銀を封じ込め、それらの熱膨張による長さ変化から温度を測定するものである。使用されている毛細管の太さは厳密には一様ではないため、封じ込められた液体の温度に対する伸びは一様ではない。したがって、市販される一般的な温度計同士の温度値は必ずしも等しいとは限らない。一方、デジタル温度計は温度を電気的に直読できるようにした装置である。その温度センサとしてはサーミスタがよく用いられる。その温度に対する電気抵抗の変化を電気的に温度値に換算し表示する仕組みである。電気抵抗から温度への換算には次式が用いられる。

*R=R0exp{B(1/T – 1/T0)}　　　　　　(1)*

ここで、R[Ω]は温度T[K]のときのサーミスタの抵抗値、R0[Ω]は温度T0[K]のときのサーミスタの抵抗値。Bは

サーミスタ定数で、用いられるサーミスタの種類によって

決まる定数である。よってサーミスタの制度が悪ければ

表示される温度制度も悪くなる。

**③温度目盛**

前述したアルコール温度計や水銀温度計はガラス管の中に封じ込められた液体(アルコールや水銀)の熱膨張の大きさを利用して温度を測定する装置である。よって、これらの液柱温度計に刻まれる目盛り線の制度によっても測定温度に誤差が生じてしまう。これらの温度計の目盛線は温度計の目盛にはセルシウスの提唱した温度目盛を用いられている。セルシウスの温度**t[℃]**は次式で定義されるようになった。

***t = T – T0　　　　　　　(2)***

ただし、Tは熱力学温度(K)、T0は273.15Kである。したがって、セルシウス温度も熱力学温度と同様に水の3重点の温度値のみで定義されることになった。これに伴い、現在の温度目盛は水の3重点と絶対零度の温度差の1/273.16を1℃として目盛られている。この値はセルシウス温度における1℃の温度として取り扱うためで、セルシウス温度と熱力学温度の目盛幅は等しくなる。ここで国際的に定められた定義定点とその温度を表1に示す。

**④二重管標準温度計**

前章で述べたように、温度計によって測定温度にばらつきが生じる。そのため、精密な温度測定を行うにはある基準となる温度計を用意し、その基準温度計と使用する温度計の誤差をあらかじめ知る必要がある。基準となる温度計として、二重管標準温度計というものが存在する。二重管標準温度計とはその目盛が基準温度に対して検査された温度計のことである。ただし、二重管標準温度計は高価であるため、通常の実験に使用することはない。よって、信頼性の高い温度測定が必要な場合は使用する温度計と二重管標準温度計の温度誤差(補正値)をあらかじめ把握し、各種温度計を用いて温度測定を行うことが一般的である。二重管標準温度計には表2のような検査成績表が添付されており、これを用いればより厳密な温度測定が可能である。

**Ⅱ.気圧の測定**

**①気圧とは**

気圧とは気体の圧力を表す言葉であるが、単に「気圧」というときは大気圧を指すことが多い。単位としての気圧(atm:アトム)の元々の定義は「海面での大気圧」であるが、大気圧は場所や気象条件によって異なる。そこで、海面での大気圧の基準値として標準大気圧を定め、その値を1atmと定義した。

**②気圧計**

　　気圧計とは気圧を測定する装置である。

気圧計には、フォルタン気圧計、アネロイド気圧計、ブルドン気圧計、半導体気圧センサ、気圧の指示とともに自動記録の機構を備えた自記気圧計、核爆発や大気の乱流などによる極めて微小な気圧変動を観測し記録する微気圧計がある。この中でも、気圧の測定に一般に用いられるものはフォルタン気圧計とアネロイド気圧計である。

**③フォルタン気圧計**

　　　　　フォルタン水銀気圧計はトリチェリーの真空管の原理を応用したもので、大気圧を精密に測定するのに便利な計器である。

　　　　　上部にトリチェリーの真空をもつガラス管に水銀柱が立上がっており、下部の水銀だまりが革袋製で、ねじを回して水銀面を目盛の基準点(象牙針の先)に合わせる。付属の副尺によって0.1hPaまで読み取れる。

　　　　　フォルタン気圧計の水銀柱の高さの目盛は、気温０℃

かつ、その温度での水銀密度13595.10㎏/㎥、重力加速度の標準値が9.80665㎨の条件のもとで正確に刻まれている。したがって、条件の異なる場所で測定した場合には気温と重力加速度の補正を加える必要がある。

　　　　　また、水銀柱の高さは、ガラス管中で測定されるので、毛管現象による水銀柱の高さの補正も必要となる。以上から、正確な気圧の測定を行うためには①温度補正、②毛管補正、③重力補正を行わなければならない。

**④温度補正**

　気温が０℃以上の場所で気圧の測定した場合、温度補正した気圧*H*t[mmHg]は次式のように求められる。

*H*t = *H* －*ΔH*t

*ΔH*t = 0.0001638*H*t[mmHg]

**⑤毛管補正**

　　　　毛管補正後の気圧*H*tc[mmHg]を求めるには次式を用いれば良い。

*H*tc = *H*t +*ΔH*tc

*ΔH*tc = 0.31x －0.035 (xは隆起の高さ)

**⑥重力補正**

重力加速度はその場所の緯度や海面からの高さ、その近くの地殻構造などによって変化する。

　温度補正、毛管補正および重力補正後の気圧*H*p[mmHg]は次式として求められる。

*H*p = *H*tc(0.99733+0.0052743sin2φ

－0.000006sin22φ－0.00000029h)

φは緯度[°]　　　　hは標高[m]

**Ⅲ．　湿度**

**①湿度とは**

　空気の成分には窒素、酸素、二酸化炭素などのほかに水蒸気が含まれるが、その中でも空気中に含まれる水蒸気の量の割合を湿度という。

**②湿度計**

湿度計とは気体中の湿度を測る測定器のことである。主な種類としては、湿度による水の蒸発の遅速性を利用した乾湿計、毛髪の吸・脱湿による伸縮性を利用した毛髪湿度計、吸収剤への水蒸気の吸着性を利用した吸収湿度計、露点計、および、電気抵抗式湿度計などがある。

　なお、この実験では、冷却式露点湿度計を使用する。

**③冷却式露点湿度計の構造**

　容器にジエチルエーテルを注入し排気口から空気を吸い出すことによって、吸入口から空気を入れエーテルを蒸発させる。エーテルの蒸発には容器から蒸発熱を奪う必要があるため金属容器の温度は徐々に低下し、やがて空気中の水蒸気が露点に達すると金属鏡が曇る。このときの温度を容器付属の温度計から読み取ることで露点を測定できる。

**④水流ポンプ**

　本実験では湿度計の排気口から金属容器内の空気を吸引しエーテルの蒸発を促すのに水流ポンプを使用した。このポンプは「水流ポンプ」と呼ばれる以外に「アスピーレーター」と呼ばれることもある。水流ポンプは水の噴流を用いて水または空気を巻き込んで運ぶポンプで、簡易な排気用減圧ポンプとして利用されるものである。到達真空度は使用水温における水蒸気圧(約10 ~30mmHg)に達する。

**⑤エチルエーテル(ジエチルエーテル)の取り扱い上の注意**

　本実験では金属容器の冷却にエーテルを用いるが、この薬品は有毒であるため、以下に取り扱いの注意点を述べる。

引火および爆発の危険があるため、火気を近づけないこと

* 1. 蒸気は有害である(麻酔性がある)ため吸い込まないこと
  2. 局所的な排気(換気)ができる場所で使用すること
  3. 必要量以上は金属容器に注がないこと
  4. 瓶または容器のふた(コルク栓)を開けたら、速やかに注ぎ、

直ちにふた(コルク栓)を閉じること

**～実験～**

実験には、気温・気圧・湿度の精密測定ともにノートパソコンとUSBメモリースティック(１本)を使用した。

**①気温の測定**

**実験器具**

**・アルコール温度計**

**・水銀温度計(最大目盛100℃と50℃)**

**・デジタル温度計**

**・二重管標準温度計**

**・検定表(二重管標準温度計検査成績書)**

**②測定方法**

(1)表２上の日付欄に、実験を行っている年月日を入力する。

(2)測定する時刻を時計で確認し、表２にXX(時):XX(分)と入力する。

(3)アルコール温度計の最小目盛[℃]を確認し、表２にX/X(分数の形式)で入力する。

(4)アルコール温度計の指示している気温を読み取り、表２に値を入力する。

(5)二重管標準温度計の指示している気温を読み取り、表２に値を入力する。

(6)表２のアルコール温度計の行に補正値が自動計算されていることを確認する。

(7)補正値が自動計算されていることを確認したならば、アルコール温度計と同様の手順(②～⑥)により残りの水銀温度計(最大目盛100℃と50℃)、およびデジタル温度計で気温を測定し、表２の該当するセルに入力する。

**Ⅱ．気圧の測定**

**実験器具**

・フォルタン水銀気圧計

　 ・温度計(フォルタン水銀気圧計に付属)

　 ・デジタル気圧計

・アネロイド気圧計

**測定方法**

(1)フォルタン水銀気圧計の管軸が鉛直になっていることを確認する。軸がずれていたならば、下部の３本のネジを交互に締め付け鉛直になるように調整する。

(2)水銀溜の水銀面が象牙針の先端と一致するように、下部のネジを回して水銀面を上下に移動させる。

(3)フォルタン水銀気圧計に付属の温度計から気温を読み取り、表３に入力する。

(4)上部のネジを回して水銀の上端と移動副尺の下端が一致するように移動副尺を移動させる。この移動副尺を用いて水銀柱の高さを読み取り、表３に入力する。ただし、フォルタン水銀気圧計の主尺はセンチメートル[cm]で表示しているため、エクセルにはミリメートル[mm]に換算した値を入力する。

(5)表３に測定値を入力した後、温度補正された気圧が自動計算されていることを確認する。

(6)確認後、同様の手順で気温と水銀柱の高さの測定をあと４回繰り返し、表３の該当するセルに測定値を入力する。

(7)表３に測定値を入力後、該当する温度補正された気圧が自動計算されていることを確認する。

(8)移動副尺を利用し水銀の隆起の高さを測定し、表３に測定値を入力する。

(9)表３に隆起の高さを入力後、毛管補正された気圧が自動計算されていることを確認する。

(10)表３の該当する箇所に緯度と標高のデータを入力する。

(11)表３にデータを入力後、重力補正された気圧が自動計算されていることを確認する。

(12)デジタル気圧計の値を読み取り、表３に入力する。

(13)アネロイド気圧計で気圧を測定し、表３に入力する。

**Ⅲ．湿度の測定**

**実験器具**

・冷却式露点湿度計

・水銀温度計(精度0.1℃)

　 ・メスシリンダー

・真空チューブ

・水流ポンプ

　 ・エーテル

・透明なアクリル板のつい立

・乾湿球湿度計

・デジタル湿度計

**測定方法**

**~冷却式露点湿度計による精密測定~**

(1)吸引用の真空チューブが冷却式露点湿度計の排気口と水流ポンプの吸気口に接続されていることを確認する。次に、水流ポンプと水道の蛇口が接続されていることも確認する。さらに、実験室内の換気扇が回っていることを確認する。

(2)露点湿度計の鏡面部を綺麗にふき取る。このとき、指紋などが鏡面部に付着しないように注意する。

(3)温度計の付いたコルク栓を露点湿度計から取り外す。

(4)換気扇のあるところでメスシリンダーを使用し、エーテルを10cc量り取る。

(5)直ちに露点湿度計へ量り取ったエーテルを手順③で温度計付きコルク栓を取り外した注入口から注入し、温度計付きコルク栓で封をする。

(6)露点湿度計の鏡面部に息がかからないように「透明なアクリル板のつい立」を設置する。

(7)水道の蛇口を開き水流ポンプへ水を流し吸引を開始する。

(8)しばらくすると露点湿度計の鏡面部が曇る。

(9)この鏡面部が曇った瞬間の温度(露点湿度計に付属の温度計の温度)と気温(二重管標準温度計の温度)を読み取る。このときの温度と気温は精度1/10[℃]で読み取る。

(10)ここで得られた測定値を表４へ入力する。

(11)水道を締めて吸引を停止する。

(12)しばらくすると、露点湿度計の鏡面部の曇りがきえる。

(13)この鏡面部の曇りが消えたときの温度(露点湿度計に付属の温度計の温度)と気温(二重管標準温度計の温度)を読み取る。ともに測定精度は1/10[℃]で読み取る。

(14)ここで得られた測定値を表４へ入力する。

(15)同様の実験をあと２回繰り返し、表４の該当する箇所へ測定データを入力する。

(16)データを入力後、平均値、平均、蒸気圧、相対湿度を確認

**～実験日～**

※実験開始直前

* 6/12　(水曜日)
* 気温：25℃
* 湿度：45%
* 気圧：986hPa



**～結果～**

　結果は表の通りである。

**～考察～**

　今回の実験の結果、デジタル温度計より水銀温度計のほうがより精密であることがわかる。実験当日は雨が降ったりやんだりで気温や気圧、湿度が晴れの日より大きく変わったが、それでも精密な値だと考える。

　世の中､デジタル温度計がよく見られるが、より正確な数値を得ることも大事なことだと思う。