

地学実験（気象分野） 気象観測

1. はじめに

本実験では、気象観測機器を実際に使って気象観測を体験する。測定項目は、気圧、気温、湿度、風向、風速である。原理を理解しやすいアナログ測器を用いた観測を通して、気象学や自然科学一般に対する見識を深めることを目的とする。

2. 用意するもの

アネロイド気圧計（本体、ケース）、
アスマン通風乾湿計（本体、三脚、ゼンマイ用ネジ、スポイト、ケース）、
携帯用風向風速計（本体）、コンパス、メジャー（以上は班に1個ずつ）
時計（秒針のある腕時計など）、筆記用具（ペン、鉛筆、消しゴム、下敷き）、
ノートパソコンまたは関数電卓（指数関数を計算できるもの）、記録用紙
※時計、筆記用具、ノートパソコンまたは関数電卓は各自持参してください。

3. 観測の前に

記録用紙には、学期、曜日、班、学籍番号、氏名、共同実験者名（全員、姓のみで可）を正しく記入しなさい。観測を始める前に、現在の地上の気温（℃）、湿度（%）、風速（m/s）を予想して、あらかじめ記入しておきなさい（有効数字は1の位まで）。風速を予想するときには、ビューフォート風力階級（資料1）を用いてよい。なお、予想が当たったかどうかは成績評価とは関係ない。

4. 観測

本実験では、地上と屋上で、気圧、乾球温度、湿球温度、風向、風速を測定する。はじめに、各測器の製造番号を記録用紙に記入する。観測の際には必ず番号を確認し、途中で入れ代わらないように注意する。観測の前に観測機器の使い方を説明するので、よく理解しておくこと。

観測機器は各班に1台であるが、測定値は必ず自分自身で読むこと。測定値は鉛筆ではなくペンで記録することが望ましい。測定場所、標高（単位はm、有効数字は小数点第1位まで）、測定日（年は西暦）、時刻（日本標準時、24時制）を必ず記録する。また、観測時の天気と雲量も記録する。雲量は雲が全くない場合は0、完全に雲に覆われている場合は10とする（整数値）。他に気がついた点があれば書き留めておく。

- アネロイド気圧計は本来屋内用なので、特に慎重に取り扱うこと。観測の際は水平に置かなければいけない（水平に置かないと正しい値を示さない）。衝撃を加えたり、直射日光に当てたり、濡らしたりしないように注意する。乾湿計や風向風速計と厳密に同じ場所で計測する必要はないので、付近の建物の中で差し支えない場所など、水平に安定して設置できる場所を選ぶ。地面からの高さ（単位はm、有効数字は小数点第1位まで）を記録しておく。気圧変化に対する反応が遅れることがあるので、測定前にガラスを軽

くたたくとよい。単位はhPa、有効数字は小数点第1位までとする。気温は乾湿計によって測定するが、気圧計付属の温度計の値も参考として記録しておく（単位は℃、有効数字は1の位まで）。

- ▶ アスман通風乾湿計は三脚につるして使用する。気象庁では、気温は地上1.5mで計測することになっているが、今回は携帯式の三脚を用いるので、これよりも低くなる。通風口の高さをメジャーで測定し記録しておく。2本の温度計のうち右側は乾球温度計（普通の温度計）で、左側は湿球温度計である。湿球温度計の球部はガーゼで覆われている。金属筒をはずし、スポイトを使ってガーゼを十分に湿らせる。ガーゼには手を触れないこと。ゼンマイを巻いて5分間以上通風し、示度が安定していることを確かめてから、2本の温度計の示度を読む。手で触ったり、息がかかったりしないように注意する。単位は℃、有効数字は小数点第1位までとする。示度の変化の影響を防ぐため、小数点第1位を先に読み、次に、1の位、10の位を読むとよい。本実験で使用する乾湿計には日よけがついているので、短時間の観測であれば直射日光に当てても問題ない。
- ▶ 携帯用風向風速計は手に持ち水平を保ったまま高く持ち上げて使用する。風向、風速の観測は本来10分間行なうことになっている（たとえば12時の観測値は11時50分から12時00分までの観測結果である）が、本実験では30秒間とする。風向風速計の高さは、一般には10mが標準であるが、実際には観測所ごとに異なる。本実験の観測においては、風向風速計の、地面からの高さ（単位はm、有効数字は小数点第1位まで）を記録しておくこと。風向は、30秒間のうち、最も頻度の多かった風向を観測結果とする。風速は、あらかじめ目盛りをゼロに戻しておき、30秒経ったら目盛りを読む。正確に30秒間測定すること。その間、できるだけ測定値に影響を与えないように注意する。風向は16方位、風速の単位はm/s、有効数字は小数点第1位までとする。

5. 解析

地上と屋上のそれぞれについて、

(1) 乾球温度、湿球温度から、乾球温度と湿球温度の差（単位：℃、有効数字：小数点第1位まで）と相対湿度（単位：%、有効数字：1の位まで）を算出しなさい。相対湿度を算出するときには湿度換算表（資料2）を用いなさい。換算表は1℃単位であるから必要に応じ補間して用いること。

(2) 気温（乾球温度）から飽和水蒸気圧を算出しなさい（単位：hPa、有効数字：小数点第1位まで）。計算にあたっては以下の近似式を用いること。

$$e_s = 611 \exp\left(17.27 \frac{T}{T + 237.3}\right)$$

ただし、 e_s は飽和水蒸気圧（Pa）、 T は温度（℃）である。 e_s の単位がPaである点に注意すること。1hPa = 100Paである。また、expは指数関数を表し、 $\exp x = e^x$ （ただし、 e は自然対数の底）である。**以下、計算問題においては、結果だけでなく計算過程も記すこと。**

(3) 飽和水蒸気圧と相対湿度から水蒸気圧を算出しなさい（単位：hPa、有効数字：小数点第1位まで）。水蒸気圧と飽和水蒸気圧との比（水蒸気圧／飽和水蒸気圧）が相対湿度である点に注意しなさい。

(4) 気圧と水蒸気圧から、乾燥空気分圧を算出しなさい（単位：hPa、有効数字：小数点第1位まで）。乾燥空気分圧と水蒸気圧の和が気圧である点に注意すること。

(5) 乾燥空気の分圧と気温(乾球温度)から乾燥空気の密度を計算しなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: 小数点第4位まで)。計算にあたっては以下に示した、気体の状態方程式を用いること。

$$\rho = \frac{p}{R(T + 273.15)}$$

ここで、 ρ は気体の密度(kg/m^3)、 p は圧力(Pa)である。気体定数 R は、乾燥空気の場合、 $R = 287.0 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ である。ここで圧力 p の単位がPaである点に注意すること。

(6) 同様に、水蒸気圧と乾球温度から水蒸気の密度を計算しなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: 小数点第4位まで)。水蒸気の場合、気体定数 R は $R = 461.4 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ である。

(7) 乾燥空気と水蒸気の密度を足し合わせて、空気(乾燥空気と水蒸気)の密度を求めなさい(単位: kg/m^3 、有効数字: 小数点第4位まで)。

(8) 水蒸気の密度と乾燥空気の密度から比湿を算出しなさい(単位: g/kg 、有効数字: 小数点第1位まで)。比湿とは、水蒸気の密度と、空気(乾燥空気と水蒸気)の密度との比(水蒸気の密度/空気の密度)のことである。単位が kg/kg ではなく g/kg である点に注意すること。

次に、

(9) 空気(乾燥空気と水蒸気)の密度から、地上と屋上の気圧差(地上の気圧一屋上の気圧)を推定しなさい(単位: hPa、有効数字: 小数点第1位まで)。以下の式で表されるような静水圧平衡を仮定してよい。

$$\Delta p = \rho g \Delta z$$

ここで、 Δp は気圧差(Pa)、 ρ は空気の密度(kg/m^3)、 g は重力加速度(m/s^2)、 Δz は高度差(m)である。重力加速度 g の値は $g = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ とする。この式で計算される気圧差 Δp の単位がPaである点に注意すること。

(10) 観測データにおける、地上と屋上の気圧差(地上の気圧一屋上の気圧)を計算しなさい(単位: hPa、有効数字: 小数点第1位まで)。

6. 考察

(1) 地上と屋上では、風速にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(2) 地上と屋上では、気温にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(3) 地上と屋上では、相対湿度および比湿にどのような違いがあるか、あるいはないか。また、その原因を考察しなさい。

(4) 解析(9)と(10)の結果を比較しなさい。また、比較した結果について、そのようになった原因を考察しなさい。

記録用紙は、学籍番号と氏名の記入を確認のうえ、実験の時間が終了するまでに提出してください。