

密封容器の中にみる水蒸気圧

神奈川支部 梶原 和利

1)【はじめに】

大気中の水蒸気量の度合を示す湿度等は寒暖と同様に生活に関係が深い要素で気象庁のHPにも相対湿度(%)、露点温度()、水蒸気圧(hPa)などの表現で水蒸気量の観測データが公開されている。一方、一般の生活からみると相対湿度は健康管理や生産物の保管・貯蔵、火災予防など多方面で利用され、なじみがあるが、水蒸気圧、露点温度はそれほど身近に感じない。特に水蒸気圧は日常生活の中で見たり、感じたりすることが少なく存在をあまり感じない。

そこで、水蒸気圧を簡単な方法で見ることが出来ないかと 実験を考えてみた。

2)【ドルトンの分圧の法則と密封容器内の空気圧】

ドルトンの
分圧の法則

一般に数種類の気体が混合しているときの全体の圧力は、それぞれの気体が単独にあるときの分圧の和に等しい。

空気の成分を大まかに言えば、窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素と水蒸気であり、水蒸気以外の気体を乾燥空気として扱えば空気は水蒸気と乾燥空気の混合気体といえる。

密封容器内の空気圧は 水蒸気分圧と乾燥空気分圧の和に等しい

3)【実験の考え方・計算方法】

外部と遮断された密封容器内空気の水蒸気量を何らかの方法で変化させればその変化量に対応した 圧力の変化(水蒸気圧の変化)が測定できるはずである。

水蒸気圧は温度、湿度から計算で求めることができるので、容器内の水蒸気量を変化させると同時にそのときの温度、湿度を測定すれば、その値からも水蒸気圧を算出できる。

上記、 の圧力変動を比較することで水蒸気圧の存在、大きさの確認ができると考えた。

水蒸気量を変えるには 増やす 水を入れる 減らす 乾燥剤を入れる。

水蒸気分圧

・水蒸気分圧 e は容器内の 温度 t ()、相対湿度 H (%) から、以下の式で算出した。

$$\text{飽和水蒸気圧 } E(t) = 6.11 \times 10^{(7.5t / (t + 237.3))} \quad (\text{Tetensの式})$$

$$\text{水蒸気分圧 } e = E(t) \times H / 100 \quad (\text{hPa}) \quad \text{式 - 1}$$

乾燥空気分圧

測定される内部圧力は水蒸気圧と乾燥空気圧の和であり、内部温度変化に対する乾燥空気圧力変動分も加わる。そこで内部温度変化による乾燥空気圧力は以下の方法で算出した。

・乾燥空気分圧 $P(a)$ はボイル・シャルルの法則(体積が一定の条件)から求める。

実験開始直後(初期値)の容器内 温度、湿度、圧力をそれぞれ t_0 、 H_0 、 P_0 として

a) 初期水蒸気分圧 e_0 を式-1 から算出する。

b) 基準乾燥空気分圧 $P(a)_0$ を $P(a)_0 = P_0 - e_0$ として算出する。

上記値から初期時刻以降の温度 t ()における乾燥空気分圧 $P(a)$ を下記式を使い算出する。

$$\text{乾燥空気分圧 } P(a) = P(a)_0 \times (t + 273.15) / (t_0 + 273.15) \quad (\text{hPa}) \quad \text{式 - 2}$$

4)【実験に使用したもの】

密封容器

(市販品 ガラス製の物)

ポケット気象計 Kestrel 4000

(容器内 圧力、温度、相対湿度の測定に使用)

乾燥剤

(容器内の水蒸気量を減らすために使用)

水

(容器内の水蒸気量を増やすために使用)



5) [密封容器内部 気圧、温度、相対湿度の測定方法]

密封容器にポケット気象計を入れ蓋を開けた状態で15分ほど放置する。

乾燥剤を入れ蓋をする。(水蒸気量を増す場合は水を数滴入れ蓋をする。)

5分程度経過したらポケット気象計に表示の圧力、温度、相対湿度を読み取り記録する。
(この値を初期値とする。)

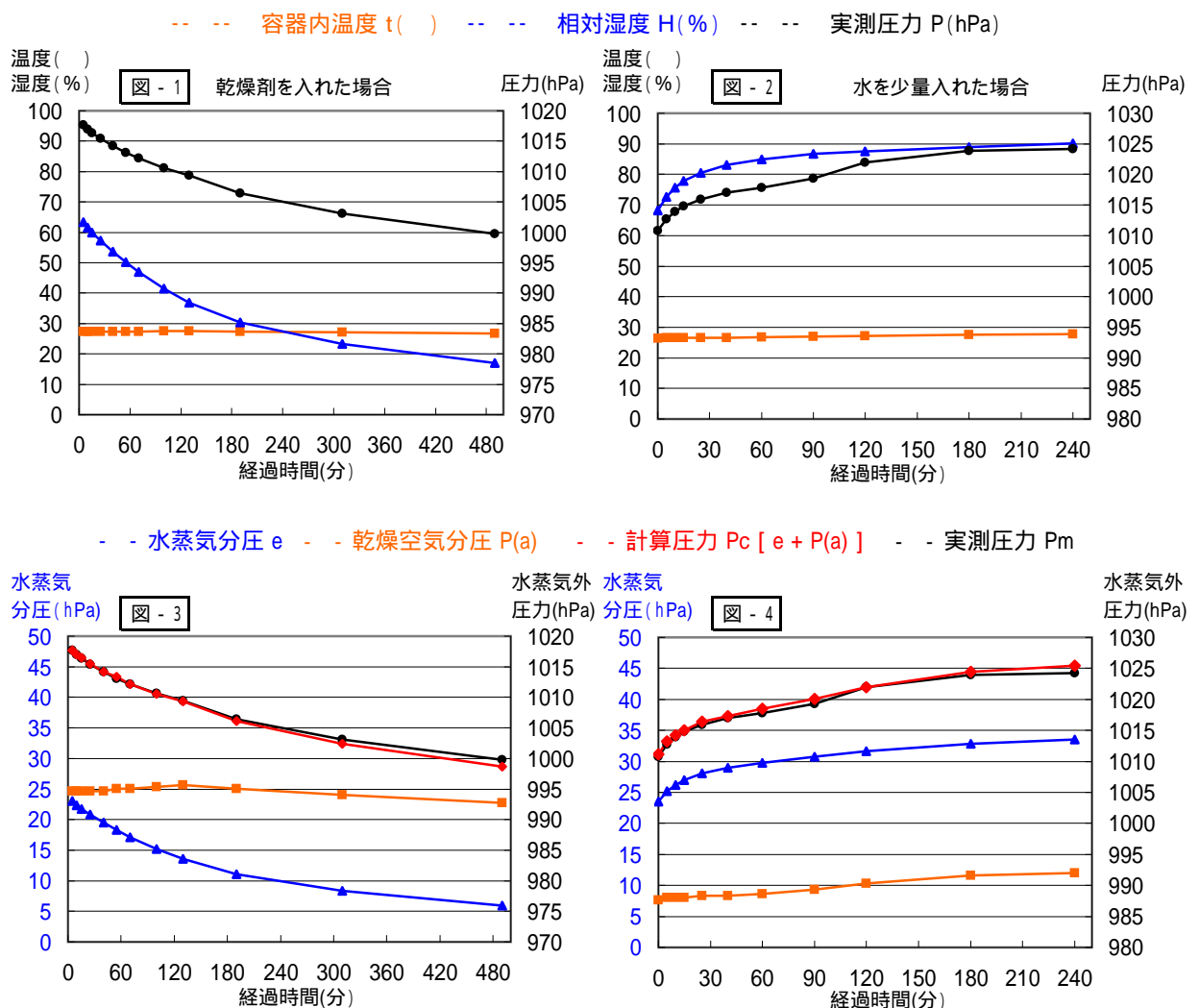
以降5分～1時間間隔で同様に圧力、温度、相対湿度を読み取り記録する。

6) [測定データの検証]

図 - 1は密封容器に乾燥剤を入れたときの温度、相対湿度、及び圧力の時間変化をグラフに表わしたものである。このグラフから乾燥剤を入れた場合、相対湿度の低下と共に圧力が低下していることが分かる。一方、図 - 2の水を数滴入れたときの場合では、相対湿度の増加と共に圧力も増大していることがわかる。(温度は容器外の気温に連動して変化している)

図 - 3、図 - 4は上記図 - 1、図 - 2の温度、相対湿度の変化に対して式 - 1及び式 - 2 から算出した水蒸気分圧 e 、乾燥空気分圧 $P(a)$ 、両者を加えた計算圧力 P_c 及び実測圧力 P_m の変化をグラフに表したものである。

実測圧力 P_m と計算圧力 P_c の差は小さく、ほとんど同じ値で推移していることから容器内圧力は水蒸気量の変化に伴う水蒸気圧の変化に、外気温の変動に影響を受けた内部温度変動が起こす乾燥空気圧変動が加わった値で推移していることが分かる。



7) [まとめ]

簡単な方法であるが空気の状態測定から気体の圧力に関連した法則(ボイル・シャルルの法則、ドルトンの分圧の法則)を使い、水蒸気圧、乾燥空気圧を精度良く確認することができた。

実験というと複雑な物も考えがちだが、このようなシンプルな方法で基礎的な法則等を自分なりに工夫して確かめることも、新たな発見があったりして気象を学ぶうえで役立つと考える。

今後もシンプルで分かりやすい実験の工夫に取り組んでいきたいと思っています。