

# 物質の状態と平衡に関する簡易な実験装置の開発

高井 隆行・岡島 礼久

「物質の状態とその変化」において、気体の体積変化を定量的に行う簡便な実験として、シリンジを活用した実践例が多いが、実験データの精度はあまりよくない。そこで今回は、精度と再現性を重視した簡易な装置の制作と使用方法について報告する。

〔キーワード〕 探究 化学 状態間の平衡 気体の性質 プッシュバイアル

## はじめに

高等学校学習指導要領（平成30年告示）の化学の大項目である「(1) 物質の状態と平衡」において、「状態間の平衡と温度や圧力との関係」や「気体の体積と圧力や温度との関係」を理解するための実験の例として、温度や圧力の変化に伴う気体の体積変化を測定する実験がある。

体積変化の測定においてシリンジを使用した実験例が多くみられるが、プラスチック製を使用する場合、筒とピストンの摩擦の影響による測定値の誤差が大きく、それを解消するためにシリコンオイルを使用する方法もあるが、それでもある程度の精度をもって定量的に行うことは難しい。また、ガラス製は筒とピストンの摩擦による抵抗は少ないが、単価が高い。

そこで、安価で手に入りやすく、加工しやすいプッシュバイアルとディスポーサブルピペットを組み合わせ、簡易でかつ感度の良い実験装置の作成を試みた。

## 1 気体の体積変化を測定するための簡易装置の作成

### 【材料】

ディスポーサブルピペット（1 mL）、プッシュバイアル（5 mL、15 mL）、スタンド、クランプ、接着剤、千枚通し

### 【方法】

- ① 千枚通しの先端を熱し、プッシュバイアルの底の中央にディスポーサブルピペット

が通る最小限の穴をあける。

- ② プッシュバイアルに蓋をし、あけた穴の外側からディスポーサブルピペットを先端から差し込む。この時、ディスポーサブルピペットの先端と蓋の間に5 mm程度の隙間があく位置で差し込むのを止める。

- ③ プッシュバイアルとディスポーサブルピペットのすきまを接着剤で埋め、立てた状態でスタンドに固定して、一晚乾燥させる。

ポリプロピレン製のプッシュバイアルとポリスチレン製のディスポーサブルピペットは接着しにくく、また湯浴で実験装置を使用するため、ポリプロピレン対応のプラスチック用で、かつ耐熱性、耐水性がある接着剤を使用する。また、接着部分の目盛りが見やすいように、乾燥時に透明になるものが望ましい。今回は「スーパーXクリア（セメダイン）」を使用した。

接着後、測定時に入れる液体の量がわかるように、あらかじめ液面の高さに合わせて印をつけておくといよい。例えば、空気の体積を1 mLとするならば、水1 mLを正確に測り取ってプッシュバイアル部分に入れ、蓋をして立て、水面の位置に油性ペンで線を引く。測定時に線まで液体を入れると、空気の体積が1 mLとなる。

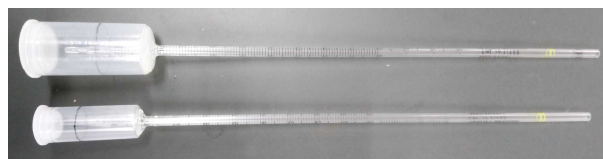


図1 完成した実験装置

## 2 作成した装置を使用した実験例

### (1) 温度変化に伴う水の蒸気圧の測定

#### 【準備】

作成した実験装置（5 mL）、スタンド、クランプ、ビーカー（500mL）、温度計、汲み置きした水

#### 【方法】

- ① 実験する時の室温と気温を測定し、記録しておく。
- ② 作成した実験装置の印の高さ（今回は空気の体積が1 mL）まで水を入れ、蓋をする。このときの水は室温になるように汲み置きしたものを使用する。
- ③ ビーカーに約80℃の湯を300mL程度入れ、②の実験装置と温度計をスタンドで固定する（図2）。
- ④ 入れた直後は目盛りの動きが安定しないので、動きが緩やかになる60℃前後から温度と実験装置の目盛りを読んでいく。
- ⑤ 水を少しずつ加えて温度を下げ、目盛りの動きが安定したところで目盛りを読む。5℃程度の間隔で、30℃までに6～8点程度データを取り、記録していく（図3）。

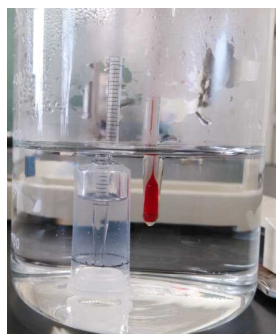


図2 実験装置

| 実験の記録         |               |                                |                    |                                                                           |                                                            |
|---------------|---------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 物質名           |               | 本日の大気圧 $P_0$                   |                    |                                                                           |                                                            |
| 水             |               | $1.018 \times 10^5 \text{ Pa}$ |                    |                                                                           |                                                            |
| 基準<br>温度 [°C] | 基準<br>体積 [mL] | 基準<br>温度 $T_0$ [K]             | 基準<br>体積 $V_0$ [L] |                                                                           |                                                            |
| 24            | 1             | 297                            | 0.001              |                                                                           |                                                            |
| 温度 [°C]       | 体積 [mL]       | 温度 $T_n$ [K]                   | 体積 $V_n$ [L]       | 気体の分圧 $P_n$ [ $\times 10^5 \text{ Pa}$ ]<br>$P_n = P_0 V_0 T_n / T_0 V_n$ | 物質の蒸気圧 $P$ [ $\times 10^5 \text{ Pa}$ ]<br>$P = P_0 - P_n$ |
| 65            | 1.5           | 338                            | 0.0015             | 0.772                                                                     | 0.246                                                      |
| 60            | 1.39          | 333                            | 0.00139            | 0.821                                                                     | 0.197                                                      |
| 55            | 1.31          | 328                            | 0.00131            | 0.858                                                                     | 0.160                                                      |
| 50            | 1.24          | 323                            | 0.00124            | 0.893                                                                     | 0.125                                                      |
| 45            | 1.19          | 318                            | 0.00119            | 0.916                                                                     | 0.102                                                      |
| 40            | 1.14          | 313                            | 0.00114            | 0.941                                                                     | 0.077                                                      |

図3 「実験の記録」シートの例

- ⑥ 実験データをグラフ化し、水の飽和蒸気圧曲線と比較する。また、エタノールでも同様に行う（図4）。

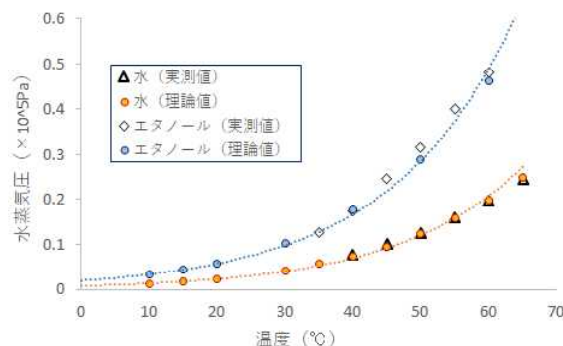


図4 飽和蒸気圧曲線と実験データ

### (2) 温度変化による気体の体積変化の測定

#### 【準備】

作成した実験装置（15mL）、スタンド、クランプ、ビーカー（500mL）、温度計、サラダ油

#### 【方法】

作成した実験装置の印の高さ（今回は空気の体積が10mL）までサラダ油を入れ、(1)と同様に実験を行い、グラフを作成する（図5）。

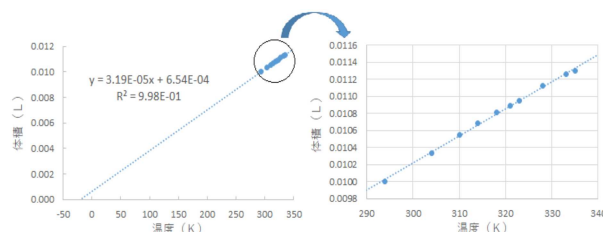


図5 V-Tグラフとプロット部分の拡大

## 3 対話的で深い学びへの展開

作成したグラフから、2(1)については、実測値と理論値のずれや、水とエタノールの蒸気圧の違いについて、2(2)については、絶対零度の実測値のずれや、絶対零度における気体の体積から実在気体と理想気体との違いについて考察することなどが考えられる。さらに、ICTを活用して各班のデータを比較、収集することも考えられる。

## 参考文献

- 1) 文部科学省「高等学校学習指導要領（平成30年告示）」（平成30年3月）
- 2) 令和2年度高等学校理科研修講座（科学的に探究する力を育む「物理」「化学」「生物」「地学」【高等学校】）テキスト 北海道立教育研究所

（たかい たかゆき 化学研究班）  
（おかじま のりひさ 化学研究班）