

## 演示 雲の発生

### 1 目的

- ・断熱膨張・断熱圧縮によって、温度が変化することを確認する
- ・断熱膨張によって、雲が発生するしくみを理解する

### 2 準備するもの

雲発生実験器（シュポシュポくん）、雲発生実験用キャップ、圧縮発火器

### 3 実習の内容 10分程度（T:教師 S:生徒）

#### (1) 断熱膨張・断熱圧縮を見せる(図1)

- ・圧縮ポンプのふたをしっかりと閉じる。
- ・ポンプを押して、温度計の変化を観察する。

T：ポンプを押すと中の温度はどうか。

S：上がる（上がる、下がる、変わらないの三択クイズ）

- ・ポンプのふたをはずし、温度計の変化を観察する。

T：ふたをはずすと中の温度はどうか。

S：下がる（上がる、下がる、変わらないの三択クイズ）



図1 断熱膨張・断熱圧縮

雲発生実験器には、液晶温度計（目盛り間隔 $2^{\circ}\text{C}$ ）が付属している。ペットボトルに空気を目一杯送り込むと、温度が約 $2^{\circ}\text{C}$ 上昇することが分かる。また、ポンプのふたをはずすと、低下して元の温度に戻る。ボイル・シャルルの法則である。

#### (2) 雲発生実験器を用いて、雲を発生させる(図2)

- ・ボトルに少量の水を入れ、圧縮ポンプのふたをしっかりと閉じる。
- ・ポンプを何度か押して、中にできるだけ多くの空気を入れる（これ以上入らないというところまで入れるのがポイント）

T：中に入れた水はどうなったのだろう。

S：ボトル内の温度が上がった空気中に水蒸気として入っている。

- ・ポンプのふたをはずすと、ボトル内に雲が発生する

T：なぜ容器の中は曇ったのだろう。

S：ボトル内の温度が下がったため、露点に達して凝結した水で曇った。

瞬間的に雲が発生するので、生徒はアッと驚く。ボトルに少量の水をあらかじめ入れておき、ボトル内が飽和状態に近いと、うまく雲が発生する。雲発生実験器の数を揃えておき、生徒に実際に実験させるとよい。圧縮することで容器内の温度が上がり飽和水蒸気圧が上昇し、キャップを抜くことで温度が下がり水滴が生じたために曇るのである。現実の雲の発生をイメージさせるような誘導とともに演示のタイミングができるとうい。



図2 雲の発生 左：圧縮中、右：ふたをはずすと雲が発生

#### (3) 断熱圧縮で温度が上がるとモノが燃える(図3、図4)

- ・シリンダー（ガラス管）の底に少量のティッシュペーパーまたは綿を入れる。
  - \*紙や綿は少量にし、できるだけ乾燥した状態にしておくとうい。
  - \*マッチや火薬は、爆発するので入れない。
- ・押し棒の先端部分をシリンダーに挿入する。

- ・シリンダーを保護管（アルミ筒）に入れ、ネジで固定する。
- ・ハンドルを握り、保護管の先端（ゴムの部分）を机など丈夫な台に押しつける
  - \*シリンダーの底部が、生徒からよく見えるようにする。
  - \*体重をかけ、ハンドルを一気に押し込むようにする。
  - \*実験室の教卓のように、広くて丈夫な机の上で実施するとよい。

T：空気を強く圧縮させると、どのくらいの熱が発生するだろう。

S：→さまざまな予想が出てくると思われる。

ハンドルを急激に押し込むと、断熱圧縮により温度が急上昇しペーパーが発火する。一瞬ではあるが発火しパッと明るくなるので、これも生徒がアッと驚く実験である。空気を圧縮するだけで、発火点に達することにも驚きの表情を示す。

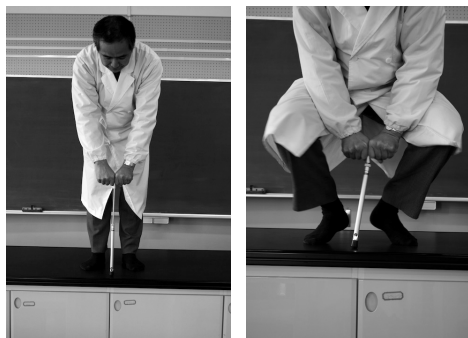


図3 実験机の上で演示しているようす

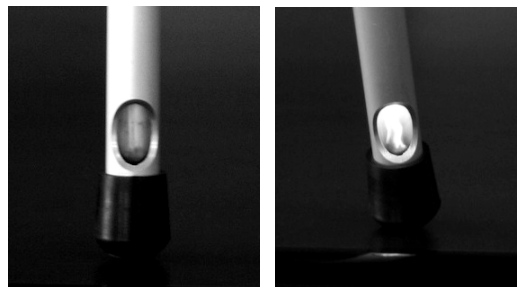


図4 発火のようす  
右：圧縮前、左：圧縮して発火したようす

雲の発生の仕組みをまとめると、「地表付近の空気塊が上昇し、断熱膨張による温度低下により露点以下になると、雲が発生する」ということになる。しかし理論的に説明しても、なかなか理解してもらえないものである。短時間で実施することができ、しかも生徒がアッと驚く実験でもある。

#### 4 中学校までの既習事項

雲の発生の仕組みについては、中学ですでに学習している。教科書には、「空気は、膨張すると気温が下がり、水蒸気が凝結する。雲は、上昇気流が生じたところにてできる。上空では気圧が低いので、上昇した空気は膨張し、気温が下がる。気温が露点に達したところで、空気中の水蒸気は凝結し始め、雲ができる」とある。

#### 5 実習間のつながりについて

『露点と湿度』の実習などで、「飽和水蒸気圧」、「相対湿度」、「水蒸気の凝結」、「露点」について学習した上で、この演示実験を行うと効果的である。

#### 6 使用器具(例)

- 「雲発生実験器（シュポシュポくん）」 ナリカ J46-3511 ￥1,050
- 「雲発生実験用キャップ」ウチダ P-4880 ￥472、ウチダ P-4881 ￥630
- 「圧縮発火器」ウチダ 2-124-0800 DG-30 ￥9,345
- 「圧縮発火器」ナリカ C15-6170 ￥9,240

#### 7 補足

中学校では「線香の煙」を使うことによって、凝結核の存在を示している。この演示実験では触れていないが、物理室などにある真空ポンプを使って、大がかりな実験も期待される。この場合はフラスコをふたつ用意し、線香の煙の存在の有無を明確に示すことが必要である

雲発生実験器がない場合、内部を湿らせた 500mL のペットボトルに線香の煙を入れて栓をし、床の上で勢よく踏みつけると、その瞬間に雲が発生しているのが観察できる。

断熱膨張はよくある実験だが、断熱圧縮は地学の領域を離れても効果的な実験である。ディーゼルエンジンなど、自動車の内燃機関の話に発展させるのもよい。