

ペットボトルに漂う雲

1 ねらい

ペットボトルと簡単なポンプを活用した減圧実験を行い、大気中の水蒸気が凝結する現象を観察する活動を通して、霧や雲の発生する現象が気圧や気温の変化と深く関わっていることが理解できる。

2 準備するもの

・炭酸用ペットボトル（小） ・ 温度計（小） ・ 線香 ・ 炭酸用ポンプ式キャップ（「炭酸ぬけま栓」など）

3 実験の方法

炭酸用ポンプ式キャップをつかった加圧・減圧実験

【実験Ⅰ】

- ①ペットボトルに温度計を入れる。
- ②炭酸飲料用ポンプ式キャップをボトルの口に差し込み、キャップを回してしっかり栓をする。
- ③ボトルがかたくなるまでポンプを押し、ボトル内の圧力を高くする。
- ④しばらく（数分程度）放置し、ペットボトル内の温度変化を観察する。
- ⑤ポンプ式キャップのキャップをゆるめ、ボトル内の圧力を急激に減少させる。そのときのボトル内の様子と温度計の変化を観察する。

【実験Ⅱ】



①ペットボトルに水を少量入れる。



②ポンプ式キャップでしっかり栓をし、ポンプを操作してボトル内の圧力を高くする。しばらく放置し、ボトル内の温度変化を観察する。



③キャップをゆるめ、ボトル内の様子と温度変化を観察する。

【実験Ⅲ】

- ①線香に火をつけ、少量の水の入ったペットボトルに線香の煙を入れる。
- ②ポンプ式キャップでしっかり栓をし、ポンプを操作してボトル内の圧力を高くする。しばらく放置し、ボトル内の温度変化を観察する。
- ③キャップをゆるめ、ボトル内の様子と温度変化を観察する。

4 留意点

- ・ボトル内の温度が高いほど濃い霧（雲）が発生するので、ぬるま湯を使うと効果的である。
- ・炭酸用ポンプ式キャップ（例えば「炭酸ぬけま栓」）は、スーパーやDIY店などで400円程度で購入できる。
- ・水の代わりにエタノールを使うとより多くの雲（この場合はエタノールの小さな粒）をつくることができる。自然界では、エタノールの粒が雲のようにできることはあり得ないが、加圧・減圧実験によって起こる物質の状態変化（気体液体）のモデルとして提示できる。変化が大きいので理解しやすい。

5 結果

【実験Ⅰ】

- ・加圧時 → 0.5～2℃程度の温度の上昇が観察できる。
- ・減圧時 → 0.5～2℃程度の温度の下降が観察できる。（数分の時間を要する。）

【実験Ⅱ】

- ・加圧時 → 0.5～1.5℃程度の温度の上昇が観察できる。
- ・減圧時 → 0.5～1.5℃程度の温度の下降が観察できる。（数分の時間を要する。）
- ・ペットボトル内に漂う雲（小さな水滴）が肉眼でははっきりと確認できる。

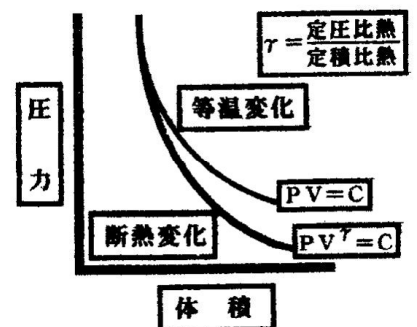
※【実験Ⅰ】より0.5℃程度温度変化が小さいのは、ペットボトル内の水が水蒸気になるときのエネルギーに使われたからである。

【実験Ⅲ】

- ・加圧時 → 0.5～1.5℃程度の温度上昇変化が観察できる。
- ・減圧時 → 0.5～1.5℃程度の温度下降変化が観察できる。（数分の時間を要する。）
- ・ペットボトル内に漂う雲（小さな水滴）が【実験Ⅱ】よりはっきりと確認できる。

6 解説

- ・外部との熱の出入りがない状態（断熱状態）で気体の体積を膨張させることを断熱膨張、圧縮させることを断熱圧縮といい、これらを含わせて断熱変化という。これに対し、温度を一定にして圧力や体積を変化させることを等温変化という。等温変化の場合はボイルの法則に従い $PV=C$ （一定）となるが、断熱変化ではボイルの法則に従わず $PV^\gamma=C$ （一定）となる。 γ は[定圧比熱] / [定積比熱] で表され、空気の場合は $\gamma=0.23/0.17=1.4$ である。



- ・湿度の高い空気が上昇気流により上昇すると、高空では大気圧が低いため空気の体積は膨張する。空気の熱伝導率は非常に小さいため断熱膨張になり、空気の温度が低下して水蒸気の凝結により小さな水滴が生じる。これが雲が発生するメカニズムの一部である。
- ・空気に含まれる水分量や凝結する際の核となる物質の存在の有無により、断熱膨張による凝結の様子は異なる。

7 発展学習

(1) 自転車用の空気入れを使った加圧・減圧実験

さらに大きな圧力をかけて加圧・減圧実験を行うときには、自転車等の空気入れを使った実験も考えられる。

①ペットボトル（大1.5～2ℓ）に少量の水を入れ、鉄製スタンドに固定する。（ペットボトルの口を自在ばさみで挟む）

②空気入れのノズルをボール用に代え、中央に穴を開けたゴム栓に差し、ペットボトルの口に差し込む。

③空気入れを操作してボトル内の圧力を高くする。

※ペットボトル内の圧力が高くなるとゴム栓が自然にぬけるので、ペットボトルの口が向いている方向の安全を確認する。

④ペットボトルの様子を観察する。



※ ペットボトルの耐圧性

ペットボトルは大きく4つの種類に分けられており、それぞれの容器の特徴と設計圧力は右の表のようになっている。安全を確保するためには底が花びら状の耐圧容器を使う必要がある。また、表面に傷があると設計圧力以下でも破裂するおそれがあるので、実験前に傷の有無を確認し傷のないものを選んで使わなければならない。

内容物	充填・殺菌方法	容器の種類	設計圧力
コーラやサイダーなど	低温充填・無殺菌	口部が透明 底が花びら状	10kg/cm ²
果汁入り炭酸飲料など	低温充填。温水殺菌	口部が白い 底が花びら状	10kg/cm ²
お茶、果汁飲料など	高温充填	口部が白い 底にへそ状の窪みあり	2kg/cm ²
ミルク入り飲料など	常温充填	口部が透明 底にへそ状の窪みなし	2kg/cm ²

(2) エネルギーの収支を考える教材として（エネルギー）

断熱状態で気体を圧縮すると、圧縮するために外部からされた仕事は気体分子の内部エネルギーになるため、気体の温度は上昇する。また、断熱状態で気体を膨張させると、膨張のエネルギーが気体分子の内部エネルギーから供給されるため、気体の温度は降下することから、子供たちに下記のような課題を与え考察させることができる。

【考えてみよう】

- ・ポンプを操作してボトル内の圧力を高くすると、ボトル内の温度はどうになりましたか？
なぜそうなったのか、ポンプを操作したエネルギーがどこに行ったのか、をヒントに考えてみましょう。
- ・圧力を高くしたボトルのキャップをはずし急激に圧力を低くしたとき、ボトルにはどのような変化が生じましたか？
なぜそうなったのか、ボトル内の気体の体積の変化とその変化に使われたエネルギーをヒントに考えてみましょう。
- ・ボトルに水や煙があるときとないときとでは、ボトル内の様子に違いがあったと思います。
水や煙はどのような働きをしたのでしょうか？

【ためしてみよう】

- ・ボトル内で起きた変化は水や煙があるときとないときとでは様子が違いました。
水や煙の有無の他にどのようなことがボトル内の変化に影響するのか、いろいろためしてみましよう。