

空気の温まり方を調べるための 簡易煙発生器の製作と実験方法の工夫

—第4学年「ものの温まり方」の学習—

近藤 浩文

「空気の温まり方を調べる実験」には、線香の煙の活用が有効である。しかし、児童は、線香の煙が上昇するのは当然ととらえているため、線香を実験に用いるためには、煙を含む空気を放冷して「煙が周囲の空気の動きに従って移動する状態」にすることが必要である。ここでは、線香の煙を適切な状態にするための簡易煙発生器の製作や、それを用いた実験方法について検討した。

[キーワード] 空気の温まり方 線香の煙 簡易煙発生器 ビーカーの底にためた煙

はじめに

第4学年の「A物質・エネルギー」(2)金属、水、空気と温度では、水や空気は熱した部分が上方に移動して全体が温まっていくことを調べ、物によってその温まり方には違いがあることをとらえるようにする。

「空気の温まり方を調べる実験」では、空気の動きを調べる方法として、煙の活用が有効であり、煙の発生源として線香がよく用いられる。しかし、線香は燃焼部分が煙の発生源であるとともに熱源でもあることから、児童は、煙が上昇する理由が、加熱された空気の上昇によって煙が運ばれているからなのか、それとも、煙が上昇する性質を持っているからなのか判断しにくい。また、児童はすでに生活体験を通して、線香の煙が上昇するのは当然ととらえている可能性があることから、線香を用いる場合は、思考の混乱を招かぬよう配慮する必要がある。

児童にとってよりわかりやすい実験を行うためには、煙の発生源と熱源を分離するとともに、煙を含む空気を放冷して煙の上昇をとめ、「煙が周囲の空気の動きに従って移動する状態」にすることが必要である。ここでは、線香の煙を適切な状態にするための簡易煙発生器の製作や、それを用いた実験方法について検討した。

1 簡易煙発生器の製作

線香の煙を利用した「簡易煙発生器」を、次の点について検討しながら製作した。

- 安価な材料を用いて、比較的簡単に製作ができること。
- 火の付いた線香を用いることから、装置が燃えるなどの危険性がないこと。
- 煙発生器から出てきた煙は、適度に放冷されており、周囲の空気の動きに従って移動する状態になっていること。
- 線香が途中で消えたりせず、煙を安定に放出することができること。

準備

プラスチックカップ（材質：PET樹脂）、風船用ポンプ、シリコン栓（3号、5号）、ポリエチレン管（内径4mm、外径6mm）、ゴム管（内径5mm、外径7mm）、接着剤（ホットグルーボンドなど）、コルクボーラ

方法

- (1) プラスチックカップの口の縁部分に接着剤を数滴つけ、図1のように2個のカップの口どうしを接着する。さらに、上のカップの底部に熱したコルクボーラで直径17mm程度の穴を開け、同様に、下のカップの底部に19mm程度の穴を開ける。さらに、下の

カップの側面下部に直径6mm程度の穴を20～30mm間隔で数個開け、空気穴をつくる。

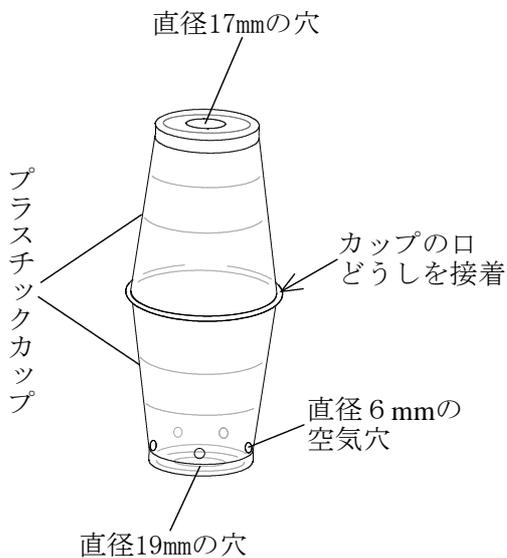


図1 カップの接着と穴を開ける位置

(2) 3号と5号のシリコン栓のそれぞれに、コルクボーラで穴を開けて、3～5cmの長さに切断したポリエチレン管を通し、図2のように、長さ40cm程度のゴム管で接続する。ゴム管の長さについては、完成した煙発生器を置いたときの安定性に考慮して検討する。



図2 シリコン栓とゴム管の接続

(3) 図2の5号のシリコン栓に直径16mm、深さ10mm程度の穴を掘り、図3のように、風船用ポンプを接続する。



図3 風船用ポンプの接続

(4) 5号のシリコン栓に線香を立てるための直径8mm、深さ20mm程度の穴を掘り、図4のように、半分に折った線香を7本程度差し込んで立てる。

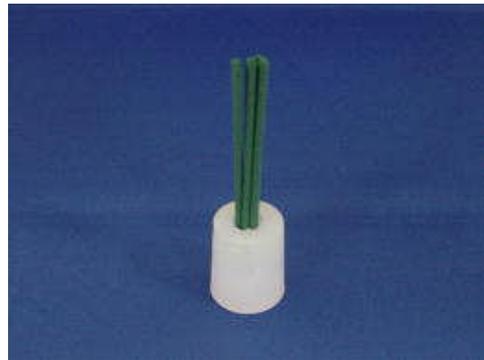
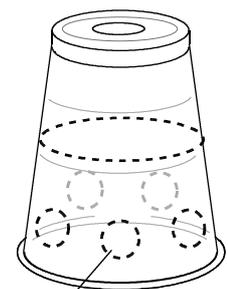


図4 線香を差し込んで立てる

(5) 煙発生器のスタンドをつくるため、プラスチックカップを、図5の点線部分で切断し、側面下部に空気を通すための直径13mm程度の穴を20～30mm間隔で数個開ける。



直径13mmの穴

(6) 図3の3号のシリ

図5 スタンド

コン栓を図1の上部の直径17mmの穴に差し込む。次に図4の線香に点火した後、図1の下部の直径19mmの穴に図4のシリコン栓を差し込む。図6のようにスタンドに立てて、線香の煙が内部に満たされるまで待つ。



図6 完成した簡易煙発生器

(7) 煙が内部に十分に満たされたら、図7のように、風船用ポンプを静かに押して煙を放出する。



図7 煙の放出

結果

(1) 材料について

プラスチックカップは、材質がPET樹脂のものを用了。安価であり、薄く加工しやすい点がよかった。

風船用ポンプは、細長い風船(ツイストバルーン、ペンシルバルーンなどと呼ばれる風船)の付属品を用了が、単品でも販売されており安

価である。軽くてコンパクトであり操作もしやすかった。

シリコン栓は弾力があるため、プラスチックカップに開けた穴に差し込みやすく、風船用ポンプとも密着し外れにくいなどの利点があった。

(2) 性能及び安全性について

線香の煙を含む空気を、プラスチックカップの内部にためた後、ゴム管を通して風船用ポンプに送ることにより、徐々に放冷することができた。そのため、ポンプから放出された煙は、周囲の空気の動きに従って移動する状態になっていた。

また、ポンプを連続して使用すると、下部の空気穴から空気が供給されるため、線香の燃焼が継続し、煙はある程度安定して放出された。

なお、ポンプを連続して使用しない場合は、新たな空気が供給されず、線香の火が自然に消えるため安全である。

2 簡易煙発生器を用いた実験(A)

準備

工作用紙(A3版、裏面が黒色のもの:2枚)、ペトリー皿(直径120mm、高さ26mm:2個)、三脚、氷、湯、簡易煙発生器、線香、ガスマッチ

方法

(1) 一方のペトリー皿に氷水を、もう一方のペトリー皿に湯を入れ、図8のように三脚に載せる。



図8 三脚に載せたペトリー皿

(2) 裏面が黒色の工作用紙を丸め、図9のように、(1)の、三脚に載せたそれぞれのペトリー皿を囲むようにして立てる。

(3) 数分間そのままの状態にして、ペトリー

皿の周囲の空気がそれぞれ温められたり冷やされたりした状態になったのを見計らい、簡易煙発生器の煙を、ペトリー皿の上面や側面、下面などに静かに煙を吹き付けて、煙の動きを観察する。



図9 黒色の工作用紙をペトリー皿を囲むようにして立てる

実験結果

図10のように、煙の動きを観察することで、温められた空気と冷やされた空気の動きを間接的に確認することができた。

工作用紙をペトリー皿を囲むようにして立てることで、周囲の人の動きや呼吸などで生じる空気の乱れの影響を少なくすることができ、背景を黒色にすることで、煙の動きを観察しやすくなることのできた。

また、湯を入れたペトリー皿と氷水を入れたペトリー皿を並べて置くことにより、比較実験を繰り返し行うことが可能となり、違いを明確にすることができた。2つ並べて行うことは、実験器具の数や準備に要する時間などを考慮すると難しい面もあるが、比較しながら違いを確認できる効果は大きい。

ペトリー皿は、ラップフィルムやアルミニウムはくでしっかり口を覆ったビーカーで代用することもできる。

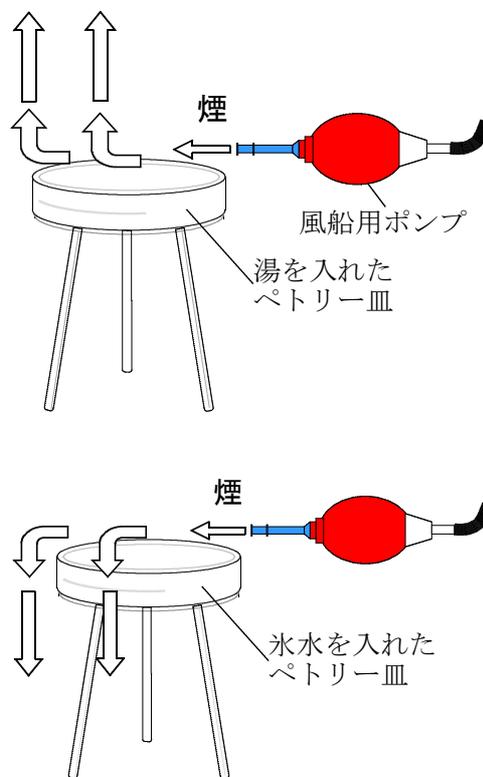


図10 吹き付けた煙の動き

3 簡易煙発生器を用いた実験 (B)

準備

プラスチックファイル (A4版), 黒い画用紙 (A4版), 発泡ポリスチレンの板, コルクボーラ, ガスマッチ, 両面テープ, 目玉クリップ, ゴム栓 (01号), 簡易煙発生器, 線香, ポリ容器 (たれびん), 湯

方法

- (1) 図11の①～④のように、プラスチックファイルを加工する。
 - ① ファイルの内側の片方の面に、両面テープで黒い画用紙を貼り付ける。
 - ② 発泡ポリスチレンの板を細長く切り、ファイルを左右に仕切るように画用紙に両面テープで貼り付ける
 - ③ ファイルの両側面に、熱したコルクボー

ラで直径14mm程度の穴を3個ずつ開け、ゴム栓で閉じる。

- ④ ファイルのすき間を閉じるために、目玉クリップでファイルの両底部をはさむ。

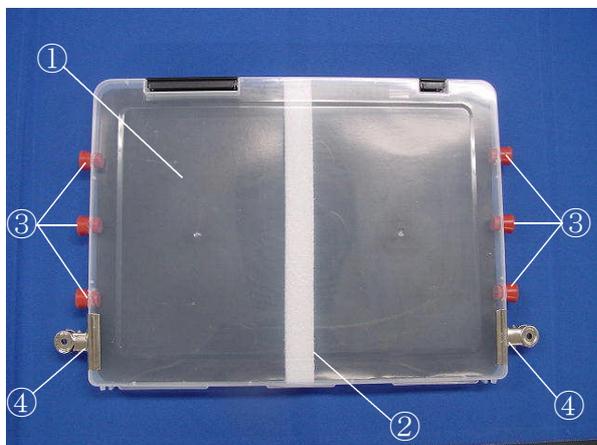


図11 プラスチックファイルの加工

(2) あらかじめ水を入れて凍らせたポリ容器と、湯を入れたポリ容器を、図12のようにプラスチックファイルの中に入れ、簡易煙発生器で図11の③の穴から煙を吹き込み、冷やされた空気と温められた空気の動きを観察する。

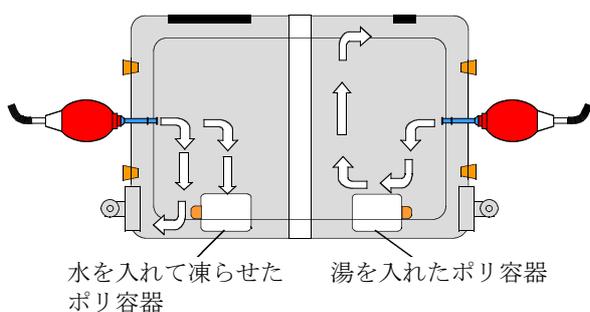


図12 空気の動きの観察

実験結果

煙が湯を入れたポリ容器の手前で下降し、上面で急上昇するなど、対流を観察することができた。また、凍らせたポリ容器側では、煙の下降を観察することができた。ポリ容器の位置や煙を吹き込む高さを変えることにより、複雑な空気の動きをつくり観察することができた。

4 ビーカーの底にためた煙を用いる実験

一部の教科書に、三脚に載せたビーカーの底に密度の高い煙をため、ビーカーの底をアルコールランプで加熱して煙の動きを観察する実験が紹介されているが、煙をためる方法については、「ビーカーの底を冷やすと煙が下がりやすい」との記述以外に詳しい説明がない。ここでは、試行錯誤の結果、それに近い状態をつくり出すことができ、加熱による煙の動きを観察することができたので、その具体的な方法を紹介する。

準備

ペトリー皿（直径120mm、高さ26mm）、ビーカー（300 または500 ）、駒込ピペット、ラップフィルム、アルミニウムはく、線香、発泡ポリスチレンの板、タオルなどの厚い布、氷、湯、黒い画用紙（A5版）

方法

- (1) 発泡ポリスチレンの板の上にペトリー皿を置き、細かく砕いた氷と50 程度の水を入れる。
- (2) 図13のように、ビーカーの口をラップフィルムで覆い、ビーカーを、(1)のペトリー皿に入れて、底部を数分間冷却する。

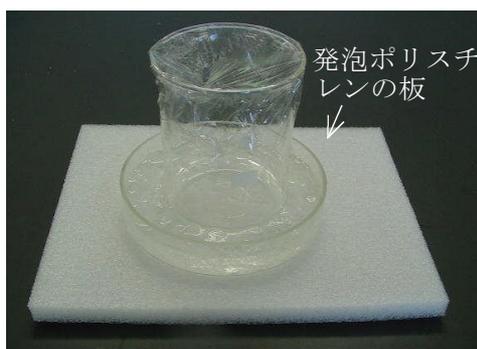


図13 ビーカー内の空気を冷却する

- (3) 線香を3本束ねて点火し、図14のようにラップフィルムの上から斜めにビーカー内に差し入れ、短時間にできるだけ多くの煙をビーカーにためる。
- (4) ビーカー内を煙で満たしたら、線香を引き抜き、ラップフィルムをはずす。



図14 ビーカー内を煙で満たす

- (5) ビーカーの上部にたまっていた煙が、ビーカーの外に出て行ったら、図15のようにアルミニウムはくであらためてビーカーの口を覆う。このとき、ビーカーの中では、密度の高い煙がビーカーの下半分に滞留した状態になっている。

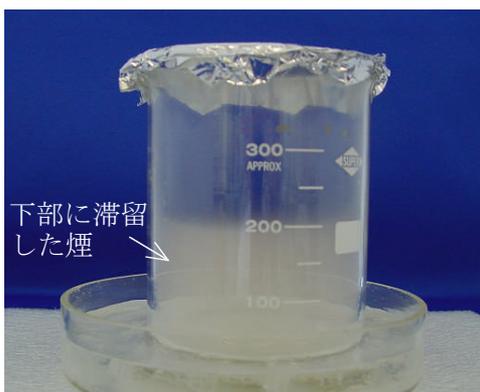


図15 ビーカーの下部に滞留した煙

- (6) ビーカーを氷水の中から取りだして水滴をぬぐい、タオルなど厚い布の上に置いて、中の煙の様子を観察する。
- (7) 高温の湯を用意し、駒込ピペットを用いて、ビーカーの底部の一部に直接湯をかけたり、タオルに湯を染み込ませたりすることにより、ビーカーの中の空気の一部を温め、煙がどのように動くかを観察する。

その際、黒い画用紙をビーカーの反対側に当てると、煙の動きが観察しやすい。

実験結果

方法(4)で、ラップフィルムをはずすと、煙の一部がビーカーの外へ出て行き、数秒後、あ

らためてアルミニウムはくでビーカーの口を覆うと、煙がビーカーの上部からなくなり下部にのみたまつた。また、たまつた煙の上面がほぼ平らになり、煙の動きが観察しやすい状態となった。

次に、方法(7)の操作を行ったところ、図16のように、温められた部分の煙が、平らだった煙の上面から丸く盛り上がり行き、空気が温められると上昇して行くことが、煙の形の変化を通して確認することができた。さらに、湯をかけて中の空気を温め続けると、煙はさらに上昇して対流し、徐々に全体が煙で満たされていった。

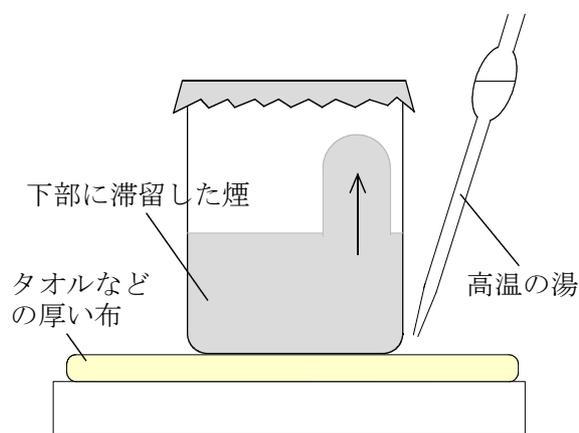


図16 温められた空気の上昇

おわりに

簡易煙発生器については、ほぼ構想通りのものを製作することができた。この煙発生器は、本稿で紹介した実験の他にも空気の動きを観察する実験に広く活用が可能であると考えられる。

また、ビーカーの下部に煙を滞留させ、加熱して空気の動きを調べる実験については、当センターの小学校理科研修講座で紹介したが、概ね好評であった。

簡易煙発生器を用いた実験方法については、子ども達がより観察しやすいものになるよう、今後も工夫・改善を加えていきたい。

(こんどう ひろぶみ 化学研究班)