

温められた空気の上昇や冷やされた空気の下降を 実感する実験について

筑波大学附属視覚特別支援学校

柴田 直人

1 はじめに

令和2年度(2020年度)から全面的に実施される中学校学習指導要領には、理科第2分野の「(イ)天気の変化」「㊦ 霧や雲の発生」について、「霧や雲の発生についての観察、実験を行い、そのでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けて理解すること」、また、「㊧ 前線の通過と天気の変化」について、「前線の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて、その変化を暖気、寒気と関連付けて理解すること」と記載されている。

雲の発生には空気塊の上昇が関係しており、どのようなときに空気塊が上昇するか予め学習しておく必要がある。また、前線の構造を理解するためには、暖気、寒気の性質を事前に理解しておかなければならない。しかし教科書には、これらの学習内容を視覚障害生徒が実感できる実験について掲載されていない。

そこで本稿では、温められた空気が上昇することや冷やされた空気が下降することを体験的に理解するための実験について報告する。

2 日常生活における体験との結び付き

生徒たちが実感をもって理解するためには、日常生活における体験と理科の学習内容とを結び付けることが重要である。例えば、学校の校舎が複数階であれば、校舎内の階段を昇り降りすることで上の階と下の階の温度差を肌で感じ取ることができる。特に夏にはその温度差が顕著であるので、容易に感じ取ることができる。生徒たちは毎年実感しているはずなのだが、授業でこの内容に触れて初めて、「ああ、確かにそうかも！」と気が付くことが多い。なお、温度差は肌で感じ取るだけではなく、音声付温度計等で実際の温度を調べ、具体的な数値で確かめることも大切である。

3 温められた空気の上昇を実感する実験

1. 小さな熱気球の実験

実験室の机上でできるコンパクトな実験である。温められた空気の変化を触察により実感することができる。なおこの実験は、筆者が以前から関わっている JAXA(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)等で行われている、宇宙を題材とした社会教育活動の生徒実験を盲学校の授業向けにアレンジしたものである。

(1) 準備

スタンド(支柱のみ、4台)、アルコールランプ(冬など室温が低い場合には2個使用すると

よい。)、マッチ、燃え殻入れ、濡れ雑巾、薄手のごみ袋(45L、厚さ0.015mmや0.012mmなら可)

(2) 方法

① 図1のように、支柱のみのスタンド4台を机上にセットする。このとき4本の支柱の先端が、天井から見下ろしたときに一辺が30cm程度の正方形の頂点になるように置くといふ。

② ごみ袋を上下逆さにして支柱の下部までかぶせる。このとき支柱と支柱の間隔が広すぎて、袋がピンと張った状態になってしまったら、間隔を狭めて袋に余裕をもたせるようにする。逆に、支柱と支柱の間隔が狭すぎて袋がたるみすぎているときには、間隔を広げるようにする。それは、後の操作で袋にアルコールランプの火が燃え移らないようにするための配慮である。)

③ ごみ袋の外側から袋の表面を軽く押すようにして触ってみる。押したときに袋が凹むことや、押し返される抵抗感がないことを確かめる

④ 片手の掌でごみ袋の下部を、もう片方の掌でごみ袋の上部を同時に触り、温度差がないことを確かめる。

⑤ ごみ袋の底の角の部分を観察する。動物の顔に例えると「耳」にあたる部分は、この状態ではまだ「ピンと立って」おらず、「垂れている」ことを触って確かめる。

⑥ 支柱にかぶせたごみ袋を30cm程度持ち上げる。

⑦ 授業者がアルコールランプに火を点け、4台の支柱の中央に置く。生徒はアルコールランプに火を点けたが、この実験ではごみ袋の変化の様子を確かめることが主眼であるので、点火は授業者が行う。

⑧ ⑥で持ち上げたごみ袋を、再度支柱の下部までかぶせる。

⑨ ③のように、ごみ袋の外側から袋の表面を軽く押すようにして触ってみる。③と違い、ごみ袋は凹まずに、押し返される抵抗感があることを実感する。(図2)また、その理由を考察する。

⑩ ④のように、片手の掌でごみ袋の下部を、もう片方の掌でごみ袋の上部を同時に触り、下部よりも上部の方が温かいことを実感する。また、上部の方が温かい理由を考察する。

⑪ ⑤のように、ごみ袋の底の角の部分を観察し、「耳」の部分が「ピンと立っていること」を確かめる。また、その理由を考察する。

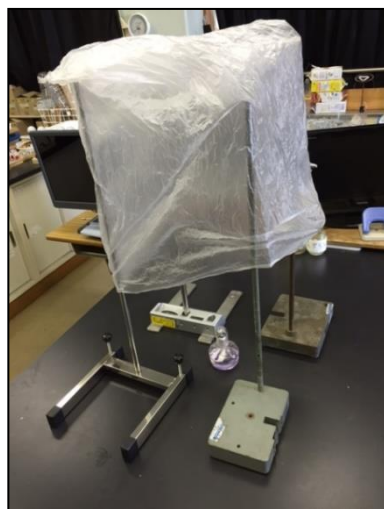


図1 小さな熱気球の全体像

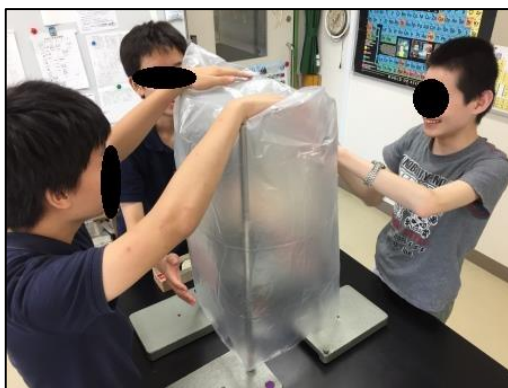


図2 小さな熱気球の観察

⑫ 生徒全員が⑪まで確かめ終わったら、片手の甲でそっとごみ袋の表面に触れたまま、しばらく待つ。すると、徐々に袋が上昇していくことが分かる。その後、図 3 のように天井にぶつかってごみ袋が「くしゃっ」と音がする様子、生徒の頭に袋が落ちてくる様子、落ちてきたごみ袋はつぶれていることやほのかに温かさが残っている様子を確認する。最後に、ごみ袋が落ちてきた理由を考察する。なお授業者はアルコールランプにごみ袋が落ちてこないように十分に注意を払い、アルコールランプの火を消す。



図 3 小さな熱気球が上昇する様子の観察

⑬ 実験後に、実験の方法や結果、考察をノートにまとめる。

2. 大きな熱気球の実験

小さな熱気球と同じように、これも実験室内でできる実験である。実はこの実験も、JAXA 等で行われている社会教育活動の生徒実験の一つであり、筆者は通常の学校に通う児童・生徒を対象に 20 年以上この実験を行ってきた。しかし、大きな熱気球を製作するにあたっては、非常に薄いシートにセロハンテープを貼らなければならないため、この操作は視覚障害生徒にとって困難であると考えてきた。また、図 4 のように体育館の天井まで上昇することから触察することが難しく、盲学校向きではないと思い込み、これまで授業では取り上げてこなかった。しかし、この実験について本校元教諭の濱田志津子先生が科学ヘジャンプ等において工夫して実践されていることを知り、その方法を教えていただいた。現在では筆者も授業に生徒実験として取り入れている。ここでは、盲学校の授業に取り入れるにあたっての工夫を含めて報告する。



図 4 体育館の天井まで上昇する熱気球

(1) 準備

養生シート(厚さ 0.015mm や 0.012mm なら可、ホームセンター等で購入可)、クリップシーラー、ドライヤー(冬など室温が低い場合には 2 個使用するとよい。)

(2) 方法

① 長机を複数組み合わせるなどして、広い面積で作業できる机を準備する。

② 本校にある養生シートは、図 5 のように縦の長さが 180cm のロール状である。これを 360cm 引き出して切断し、縦 180cm、横 360cm の長方形を作る。

③ ②の長方形を、横の長さ 360cm の半分の 180cm で折り曲げ、1 辺が 180cm の正方

形を作る。このとき養生シートは2枚重ねとなっており、正方形の1辺のみがつながっていて残りの3辺は開いた状態となっている。

④ 図6のように、クリップシーラーを用いて残りの3辺を閉じ合わせる。



図5 養生シート



図6 クリップシーラーで
閉じ合わせている様子

※ 筆者がJAXA等の社会教育活動で行っている生徒実験では、180cm×300cmの巨大な熱気球を製作する。この熱気球の製作では、開いている辺はクリップシーラーではなく、セロハンテープを用いて閉じ合わせている。熱気球が大きく浮力が十分であるため、セロハンテープ分の重さはほとんど影響しないからである。しかし、本校で紹介する熱気球はそれよりも小さな物であるから、なるべく熱気球本体の質量を小さくした方が上昇しやすくなる。セロハンテープを使わず、クリップシーラーを用いて辺を閉じ合わせ質量を小さくするアイデアは、濱田志津子先生に教わったものである。

⑤ 任意の1辺の中央部分をハサミなどで切り開き、図7のようにドライヤーの口が三つ分入るほどの大きさの穴をつくる。大きな熱気球はこれで完成である。

⑥ 机上で正方形になるように形を整えて広げ、ピンと張るようにして各辺を持つ。また、熱気球の表面を触り、この段階ではつぶれている(平らである)ことを確かめる。

⑦ 初めに授業者は、ドライヤーで冷風を熱気球の袋の中に入れる。生徒は袋が膨らんでいく様子を確認する。生徒はドライヤーを操作したが、この実験では袋の変化の様子を確認することが主眼であるので、送風は授業者が行う。袋が最大限に膨らんだところで、ドライヤーの送風を止める。このとき熱気球は上昇せず、机上に位置したままであることを確かめる。



図7 ドライヤーの口が入る穴

⑧ 次に授業者は、ドライヤーの熱風を熱気球の袋の中に入れる。このとき、袋の口の部分は大きく開けた状態で、ドライヤーの熱風を袋の中に入れる。袋の口からは熱風が入っていくと共に、⑦で入れた袋の中の空気が押し出されて出てくる。効率よく袋の中の空気を交換するために、このように袋の口を大きく開けた状態で操作する。

⑨ 熱気球の袋が最大限に膨らんだところで、ドライヤーの熱風を入れるのを止める。ここでドライヤーを先に止めるのは、ドライヤーの風の力によって袋が持ち上がっているのではないかと誤解されることを防ぐためである。

⑩ カウントダウンをして、生徒は袋の辺から手を離す。すると熱気球は上昇し、天井に着く。上昇する様子は袋に優しく触れることで実感することができる。背伸びをして手を精一杯伸ばすと、天井に着いた袋に触れることもできる。さながら大きな座布団が宙に浮いているようである。(図 8)

⑪ しばらくすると、熱気球の袋が下りてくる。袋の中の空気はまだ少し温かいが、⑩で上昇を始めた時と比べると温度が低くなっていることを確かめる。

最後に、袋が上昇した理由や小さな熱気球よりも大きな熱気球が長い時間天井に着いた理由、上昇してしばらくしてから袋が下りてきた理由について考察する。

※ 大きな熱気球の実験は実験室内でも可能だが、体育館のような天井の高い広い空間で行ってもよい。体育館で行う際には、本校元教諭の石崎喜治先生が JASEB NEWS LETTER No. 19「巨大熱気球の制作」で報告された、熱気球の下端に糸を取り付ける工夫が参考になる。長い糸を取り付けておけば、その糸をたどって上昇後の熱気球の位置を想像することができるし、糸を引くことで浮力の大きさを実感することもできる。



図 8 大きな熱気球が浮いている様子

4 冷やされた空気の下降を実感する実験

1. 冷蔵庫でできる実験

(1) 準備

冷蔵庫

(2) 方法

① 図9のように冷蔵庫の扉の正面に立ち、扉の上側と下側に片手ずつ置く。

② 生徒はどちらの手に冷気が来るか予想する。その後授業者が扉を開け、実際にどちらの手に冷気が来るか確かめる。

③ 実験の結果から冷やされた空気の移動を考察する。



図 9 扉の上側と下側でどちらに冷気が来るか確かめている様子

2. 保冷剤でできる実験

(1) 準備

保冷剤、三脚

(2) 方法

① 三角架付き三脚の三角架の上に、保冷剤を置く。

② 図 10 のように三脚の上側と下側に片手ずつ置く。

③ どちらの手に冷気が来るか確かめる。このとき、エアコンの風や、生徒の鼻や口から出る息で冷気が移動しないように注意する。生徒はマスクを着けたり、頭だけお辞儀をするようにして顔を伏せたりすると、吐いた息の影響がなくてよい。

④ 実験の結果から冷やされた空気の移動を考察する。



図 10 保冷剤でできる実験

5 おわりに

本稿では、温められた空気が上昇することや冷やされた空気が下降することを体験的に理解するための実験について報告した。教科書に掲載されていない実験ではあるが、生徒には是非体験させたい内容である。

筆者は本稿で紹介した実験を終えた後に、前線の構造についての授業を行っている。本稿の実験を体験した生徒たちは、前線の構造の理解がスムーズであると感じている。実験はいずれも簡単なものであるが、その後の学習の基本となる大事な実験であると思う。

本稿を御覧になって各盲学校の授業で実践された際には、御感想や改善点などをお知らせいただければ幸いです。

6 参考・引用文献

石崎喜治(2000)巨大熱気球の制作. JASEB NEWS LETTER, No. 19, 29-30.

文部科学省(2018)中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編. 学校図書.

横川淳著・三浦郁夫監修(2015)身につく気象の原理. 技術評論社.

柴田直人(2011)あたためた空気が上昇することを確認する簡単な実験. JASEB ミニレター.