

— 解説① —

気圧を‘体感’する実験教材アラカルト

北海道教育大学附属教育実践研究指導センター 高橋 庸哉

1. はじめに

『気圧』は気象教育の中で最も基礎的な学習事項でありながら、理解しにくい概念の一つである。大気の底に住む人類にとっては大気の圧力=気圧は絶えず付与されているものであり、実感に乏しいためと考えられる。筆者は10年間ほど理工系博物館において小学校5年生以上を対象に天気図作成を行う教室を実施してきた。ラジオ天気図の作成は長期休暇中の自由学習課題のテーマとして人気があるが、気圧・等圧線の意味を理解させるのに非常な困難を感じた。そこで、気圧を理解させる教材の開発を手掛けた(高橋・小野寺, 1991)。教材の作成に当たっては気圧を‘体感’できることをポイントし、日常ありふれたものを用いて家庭でも実験ができるよう心掛けた。ここでは、気圧を体感させる実験教材を紹介したい。

尚、学校教育における気圧の取扱いを表1に示す。『気圧』という概念が初めて登場するのは中学生になってからであるが、小学校3・4年生で空気の圧力・温度と体積について学習することになっている。ここで、紹介する内容は小学校中学年から取り上げてほしいものである。

表1 学校教育における『気圧』の取扱い

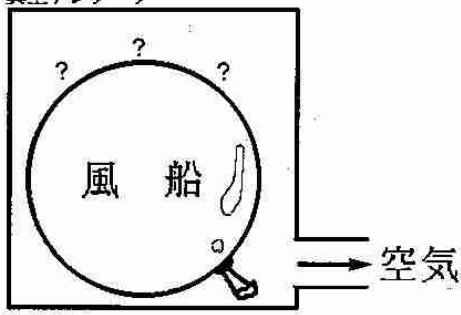
学 年	内 容
小学校3年生	空気の存在(空気を袋などに集める) 空気の圧力と体積(閉じ込めた空気を押すと縮み、手応えが大きくなる)
小学校4年生	空気の温度と体積(空気を熱したり冷やしたりして、体積の変化を見る)
中学校第1分野	空気の重さ(例えば、圧力容器中の空気を放出して、前後の質量差を測定) 大気圧(大気圧の効果を示す適切かつ意外性のある実験)
中学校第2分野	天気の変化(気圧の変化と天候や雲の様子、空気の上昇と断熱冷却、前線の通過と気圧の変化)

2. 気圧を体感する実験の色々

(a) 『もし、空気がないと…?』

【実験1】 膨らむ風船

真空デシケータ



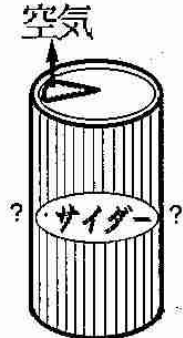
回りの空気を抜くと風船はどうなる
でしょうか?

1. 変わらない
2. 小さくなる
3. 大きくなる

(破線内は子供に提示する内容。以下同じ)

この実験を行う前に真空ポンプの端を掌に当てるなどして、空気を吸い出す装置であることを納得させる必要がある(強力な電気掃除機であるとすれば良い)。教材として売られている排気盤(ガラス製)は擦り合わせが悪く、真空容器として密閉性が良くないようです。アクリル製の真空デシケータが良い。この現象をよりリアルなものにするにはスナック菓子などが入った密閉の良い袋を持って、山登りに出かけてみましょう。

【実験2】 つぶれる空き缶

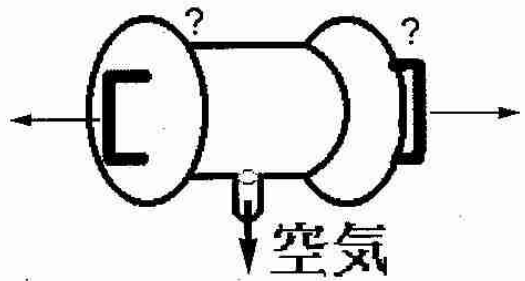


空き缶の空気を抜くとどうなるで
しょうか?

1. 変わらない
2. つぶれる
3. 破裂する

缶は清涼飲料水やビールの空き缶などアルミ製のものがつぶれやすくして良い。

【実験3】 マグデブルグの実験



側板を当て、中の空気を抜き、引っ
張ったらどうなるでしょうか?

この実験は300年余り前にドイツのマグデブルグ市長だったゲーリケという人が始めて行ったものです。彼は直径40cm位の銅製の半球2個の間に革製パッキングを挟んで、一方の半球についている穴から真空ポンプで空気を抜きました。そして、両側から馬（8頭、後には12頭ずつ）で引っ張りました。教材用として、この実験器具のミニチュアが売られていますが、高々5分程度しか気密性を保つことができない。そこで、透明アクリル樹脂を用いて、図1のような装置を製作した（高橋・小野寺、1991）。

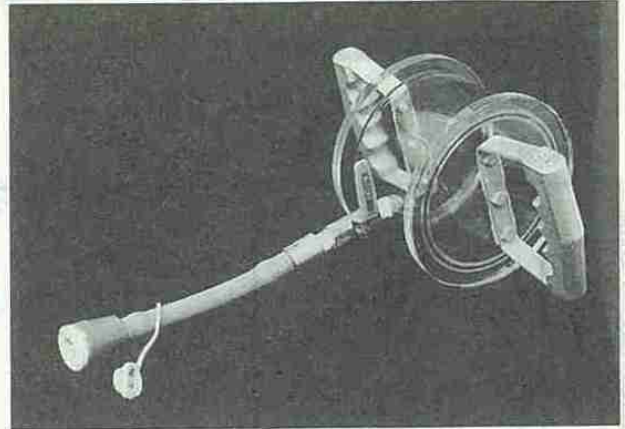


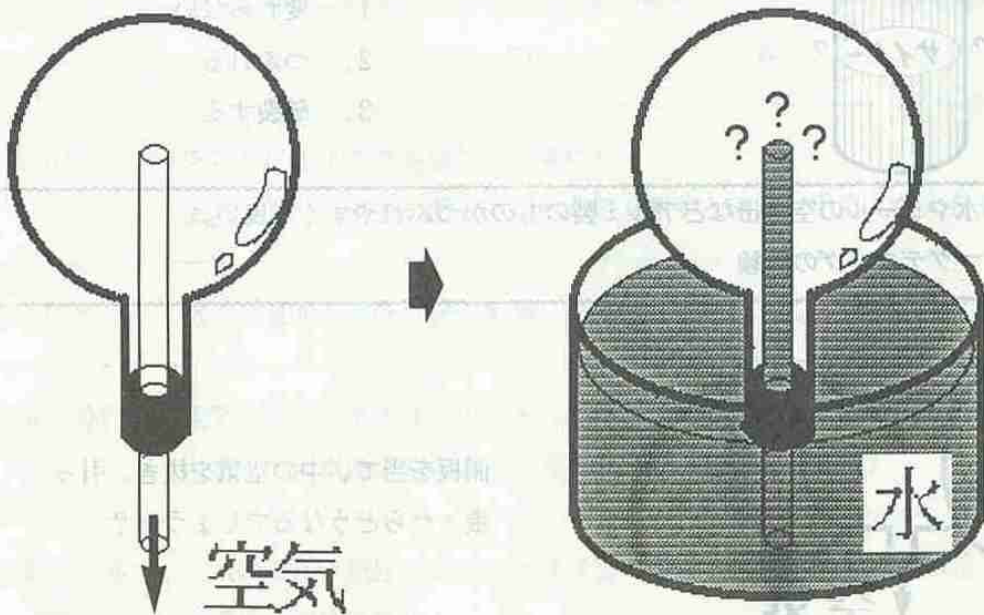
図1 マグデブルグの真空実験装置

アクリルパイプ（外径12cm、長さ8cm、厚さ7mm）の側面にボールバルブ（内径1/4インチ）を取付け、その端には都市ガス用コネクターを付け、真空ポンプと接続できるようにした。パイプの両端には溝を掘り、Oリング（径11.3cm、太さ2mm）をはめ込み、側板（アクリル製、直径14cm、厚さ10mm）との気密を保った。また、側板には取っ手を取り付けた。高い気密性のため、手で引いても半年以上はずれなかった。アクリル樹脂の透明性のために中に何も仕掛けがないことがわかり、驚きも大きく、大気圧の存在をより視覚的に印象づけることができた。

同様の実験は身近なもので簡単に行うことができる。二つの吸盤を合わせて強く押しつけ、空気を追い出してから引っ張ると良い。

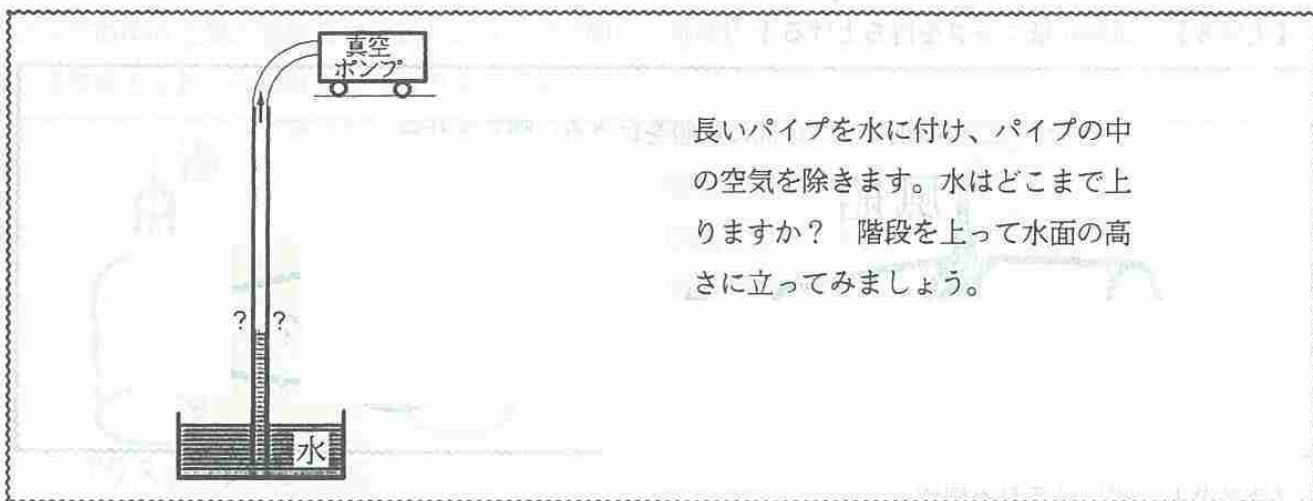
【実験4】 噴水

容器の中の空気を抜いて、水の中で栓を開いたらどうなるでしょうか？



水はウォータブルーやフェノールフタレインなどで着色すると見やすい（以下、水を使う実験では同様）。容器はフラスコや教材用の真空落下実験器のガラス管（長さ約1m）を使うと良い。

【実験5】 どこまで上がるか？

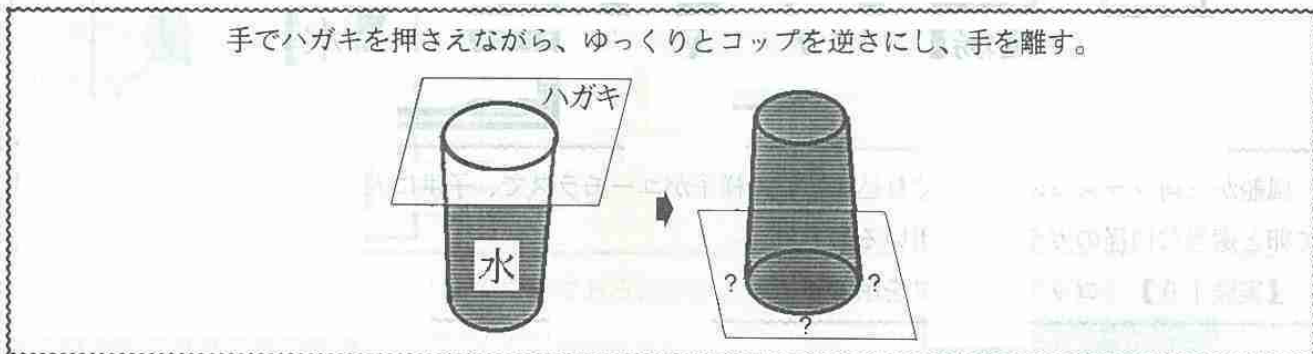


階段の吹き抜けを使って実験を行い、水が上がると思う所まで階段を上ってもらいました。パイプは透明の塩ビパイプをつないで作った。空気を真空ポンプで抜いたが、子供の中には‘ポンプを使うから当たり前’・‘強いポンプならもっと上がる’と考える子供がでますので、説明に工夫するか、真空ポンプを使用しない方法で行うのが良い。

(b) 『大気力を感じてみよう！』

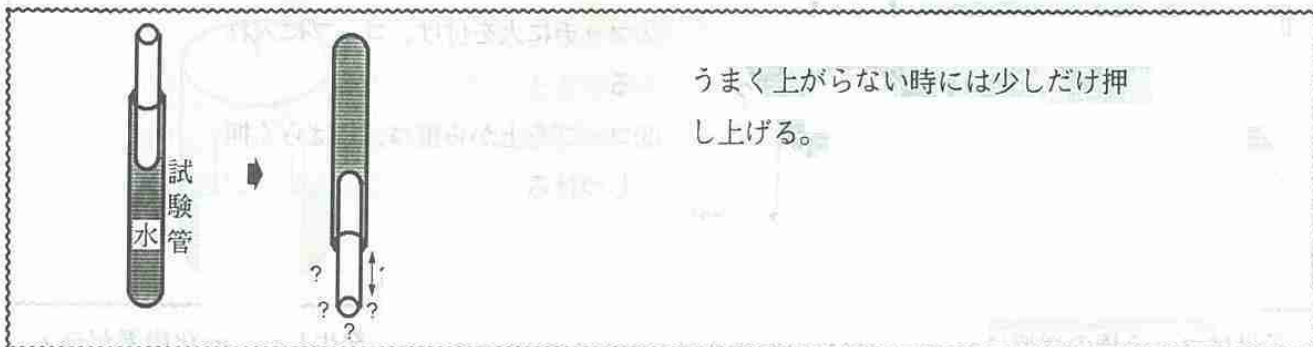
前節は真空ポンプを用いた演示実験でしたが、ここでは子供が実際に行うことができる実験を示す。

【実験6】 落ちないハガキ



ハガキの代わりに、ハンカチやラップフィルムなどでも良い。

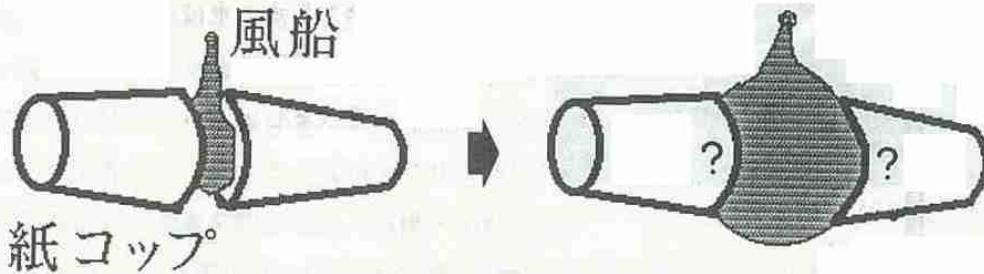
【実験7】 浮き上がる試験管



試験管は径16.5mmと15mmのものを用いると良い。

【実験8】 風船が紙コップを持ち上げる！

二つの紙コップの間に風船をはさみ、膨らませる



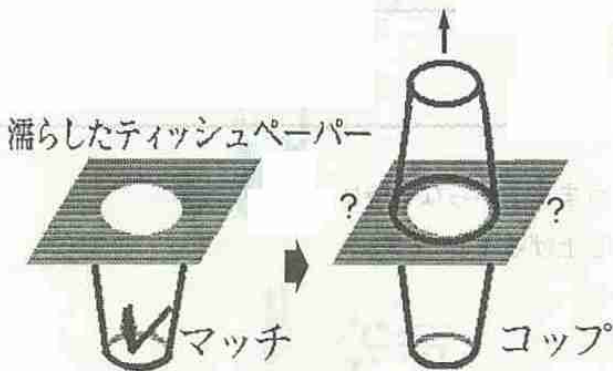
【実験9】 吸い込まれる風船

- ①三角フラスコを湯で暖める
- ②風船を取り付ける
- ③水の中に入れると？



風船が三角フラスコの中にもぐり込んでいく様子がユーモラスで、子供に人気がある。風船の代わりにゆで卵と適当な口径のガラス瓶を用いるのも良い。

【実験10】 コップでコップを吊る

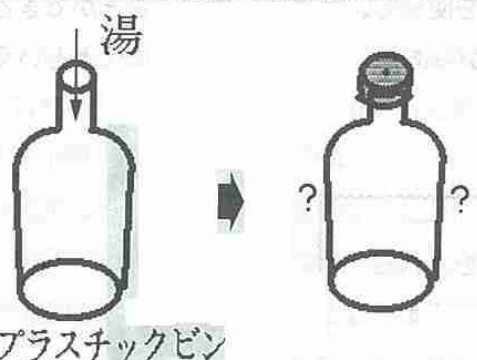


- ①ティッシュペーパーを図のように切り、水で濡らし、コップの上に置く
- ②マッチに火を付け、コップに入れる
- ③コップを上から重ね、しばらく押しつける
- ④持ち上げると？

子供はマッチ棒の燃焼に着目し、酸素が消費されるためと思いがちです。発生した二酸化炭素がティッ

シュペーパーに染み込ませた水に僅かに溶解することもあります。コップがくっつく主な原因は燃焼熱でコップの中の空気が膨張して、二つのコップの間から逃げ出すためです。

【実験11】 つぶれるプラスチックビン



①プラスチックビンに湯を入れる
②湯を捨て、蓋をする
③部屋の中に置いておく?

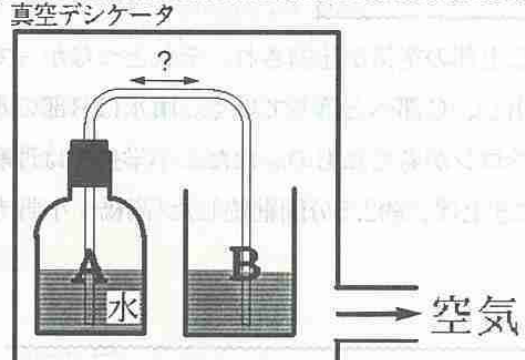
プラスチックビン

清涼飲料水や醤油などのプラスチック容器を使う。

(c) -応用編- 『考えてみよう!』

ここでは、やや複雑で考えながら理解させるのに良い教材を紹介する。

【実験12】 水の移動



真空デシケータ

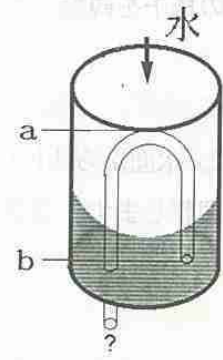
水はどちらに動くか?

1. Aの方へ
2. Bの方へ
3. 動かない

空気

真空デシケータの中の空気を抜くと栓をしてあるAの空気が膨張して、A→Bと水が移動する。空気を再び入れると水はB→Aへ戻る。

【実験13】 教訓茶碗



水を徐々に入れていくとどうなるでしょうか?

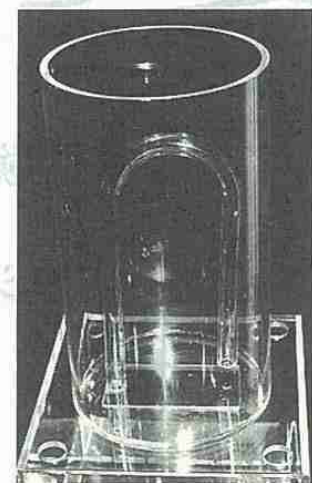
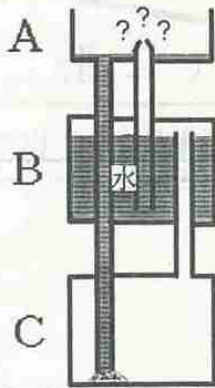


図2 教訓茶碗実験装置

サイフォンの原理を示したもの。仕組みが理解できるように図2のような装置を透明アクリルで製作した(高橋・小野寺, 1991)。容器内に水を徐々に入れ、a面に達すると水はパイプの中を矢印のように流れ、水面はb面まで下がる。U字部分をコの字型にすると、角に空気が溜まり水が流れないことがあるので適当でない。これと同じものは紙コップと端の方が曲がるストローを使って、簡単に自作することができる。この原理を応用した湯呑み茶碗が沖縄県八重山諸島に400年程前からあり、何事も腹八分目にせよという教訓を伝えている。

【実験14】 ヘロンの噴水



- ①C部に予め8割程の水を入れる
- ②逆さにして、水をB部に移す
- ③再び反転
- ④少量の水をA部に注ぐ

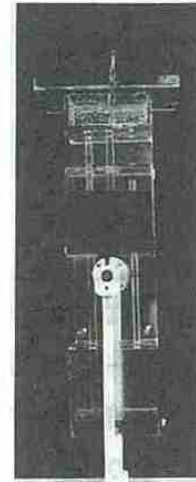
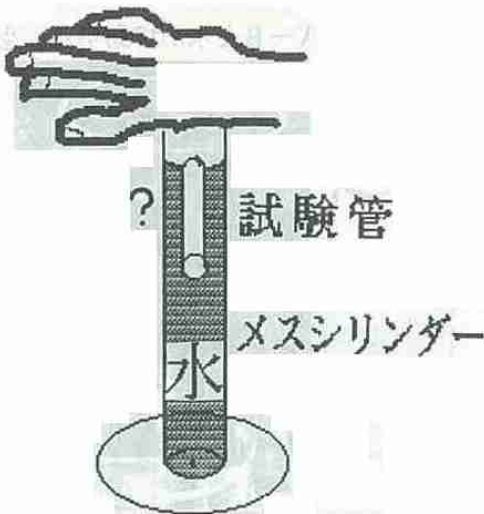


図3
ヘロンの噴水
実験装置

A部に注がれた水はパイプを伝わって、C部に落ちる。C上部の空気が圧縮され、それとつながっているB部の気圧が高くなる。そのため、B部の水はA部で噴き出し、C部へと落ちていく。噴水はB部の水がすべてC部に移るまで持続する。約2000千年前にギリシャのヘロンが考えたもの。ただ、小学生には理解がやや難しい。実際に製作した装置(図3)では最高19cm程吹き上げ、約2.5分間継続した(高橋・小野寺, 1991)。

【実験15】 浮いてこ〜い!



- ①メスシリンダーに9割ほど水を入れる
- ②てのひらで押すと?
- ③試験管の中の空気の様子を観察
しましょう

※試験管にハンダを巻いて、水面から頭が少し出るように調整します

哲学者デカルトの発明によるもので、‘デカルトの潜水夫’と呼ばれている。日本では‘浮沈子’とも呼ばれる。押したときの試験管内の水の上下に着目させる。原理を説明するポイントとなる。清涼飲料水などのプラスチック容器を使って簡単に同様なものを作ることができる。容器にストロー（片端を塞ぎ、クリップなどで釣合いを取る）を入れ、蓋をし、容器を押しつける。より迫力がある装置として、図4を製作した（高橋・小野寺，1991）。アクリルパイプ（外径12cm、厚さ8mm、高さ60cm）の底面にアクリル円板を接着し、上面には蓋をする。蓋には銅製エルボ（外径9.5mm）を付け、空気を送るゴム製単球と接続する。蓋とパイプの気密性はOリングとネジによったが不十分だったので、シリコンコーキング剤でパッキングを作った。浮きは電球の球や試験管にペンキで絵を書くと良い（ただし、水の中に長期間入れると剥がれてくる）。単球を押すと沈み、放すと浮き上がってくる。

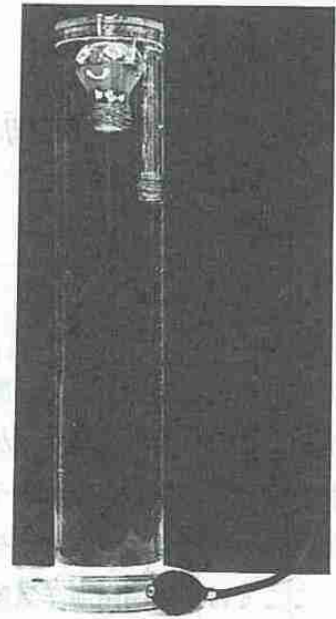


図4 浮沈子実験装置

この実験からストローを使った微気圧計（木村，1986）の原理を説明することができる。この気圧計は浮沈子にストローの浮きを付けたものである。浮沈子だけだと浮き上がったり、沈み込んだりしてしまうので、ストローで上下する量を調節する。

実際に指導を行うときには概ねこの順番に行っていく。また、上記のストロー微気圧計を使って、気圧と天気の関係を知るには次のように進める： 微気圧計作り ⇒ 微気圧計の仕組みの説明（『もし、空気がないと…？』 → 『大気の色を感じてみよう！』 → -応用編- 『考えてみよう！』）⇒ 気圧の測定・天気の観察。

3. おわりに

ここで紹介したものは博物館での教室参加者（小学校4年生～中学生やその親）に人気が高かったものです。意外性があり理解も容易で、知的好奇心を多少なりとも満足させてくれるのではないのでしょうか。是非、お試し下さい。

[参考文献]

- 木村竜治，1986： たのしい気象の実験室。小峰書店，63pp.
 高橋庸哉・小野寺寛，1991： アクリル樹脂で製作した大気圧演示用実験器具。理科の教育，Vol.40，「712-714.