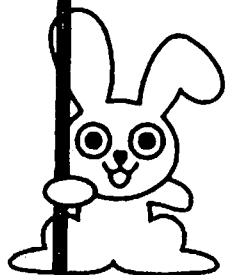


実験観察講座



ペットボトルを利用した 簡単な温室効果実験

▲ 川村 康文 ▲

はじめに

地球環境問題を児童・生徒にとって身近なものとするための実験教材を求める声は大きい。筆者は、平成6年度より始まった現行の高等学校学習指導要領での物理Ⅱの課題研究や物理ⅠBにおける特設単元としての自由研究において、次の2つの観点をなるべくもりこんだ実験を行うように指導してきた。「もし小学生や中学生が行うとするなら、どのような実験が可能かについて工夫してみよう」と、「物理の授業中に行う実験ではあるが、地球環境問題との接点をもったような実験を工夫してみよう」である。

二酸化炭素による温室効果の実験は、より簡単でより確実な実験結果が得られるような実験方法の開発研究を平成6年度から年々継続して行ってきた。しかし、小学校高学年や中学生にできるような実験として教材化するには、実験器具の入手など難しいものがあつた。今回は、小学校高学年や中学生にも入手しやすいペットボトルと白熱電球を実験器具として用いて二酸化炭素の温室効果を確認することができたので報告する。

なお、温室効果の実験については、物理教育実践検討サークル「ガリレオ工房」（代表・滝川洋二氏）の関登氏が、筆者とは違った独自の実験教材を開発しているが、その他ではまだ発表されたものはない。また昨年度、上越環境センターで製作され展示された温室効果実験器は、筆者がアドバイスさせて頂いたものである。

1 実験の準備

二酸化炭素の温室効果を際立たせて観るためには、普通の空気の場合との比較対照実験を行う必要があると考える。そのためには、実験における比較対象の二酸化炭素と普通の空気以外の実験条件をそろえておく必要がある。一方、小学校高学年から中学生に、例えば中学校理科での「課題研究」として実験をさせる場合には、各学校や家庭で準備できるような実験器具である必要がある。高価な精密機器を用いることはできない。そこで、以下に示すような準備を考えた。

市販の2ℓのペットボトルと温度計（少し高価であるが、デジタル温度計の方が利用しやすい）を複数個用意する。

最初に、複数の温度計で室温や水温、40℃程度の湯温等複数の温度を測定してみて同じ温度を示しているかどうかを検査する。それぞれの温度ですべて0.1度以上差が生じていないものを2個選びだす（できれば、同じ数値を示しているもの同士の方がよい）。

次に、上述した操作で選んだ温度計を用いて、ペットボトルを検査する。同じ銘柄で、同じ体裁の商品のペットボトルの商品ラベルをはがす。ペットボトルの口に合うシリコン栓ないしはゴム栓を選ぶ。この栓に温度計を差し込み、温度計でペットボトル内の温度を測定する。このとき、ペットボトルの内部は十分に乾燥させておく。2体のペットボトルに温度計を装着した状態で、太陽光に同

じ時間だけ当てる。このとき、2体それぞれのペットボトル内の温度の上がり方が等しいかどうかを検査する。もし、等しかったら、これらの2体のペットボトルをこれからの実験に用いる。

一方のペットボトルには、理科実験用の二酸化炭素ボンベで、二酸化炭素を注入して温度計付きの栓をする。他方のペットボトルは、普通の空気のままの状態にして、温度計付きの栓をする。二酸化炭素を充填した方のペットボトルでは、ボンベ内で圧縮されていた二酸化炭素が、ペットボトル内で1気圧（大気圧）にまで膨脹（断熱膨脹）するので、一時的にペットボトル内の温度が降下する。普通の空気を入れたペットボトル内の温度と等しくなるまで放置して待つ。

以上を実験に先立って準備しておく。

2 熱源に太陽光を用いた場合

晴れた日には、室外で実験することも考えられる。筆者は、いわゆる「青空教室」といって、実験室外での生徒実験をいくつか実施しているが、高校生にはおおむね好評である。このような実験の1つとして、「温室効果実験」を室外で行った。以下に実験結果の1例として、1997年12月18日、木曜日、晴れ、午後1時30分～2時30分に行った実験の結果を示す（表1）。

表1 熱源に太陽光を用いた場合

時間 (秒)	1回目 気温18.3℃ 二酸化炭素 空 気	2回目 気温19.5℃ 二酸化炭素 空 気	3回目 気温18.7℃ 二酸化炭素 空 気
0	22.1 22.0	22.6 23.1	20.3 20.3
30	22.6 22.6	24.0 24.3	22.0 22.0
60	22.8 22.8	25.0 25.0	22.7 22.5
90	22.9 22.7	25.8 25.4	23.2 22.8
120	23.7 23.4	26.3 25.8	23.5 23.0
150	24.4 23.8	26.8 26.2	23.7 23.1
180	24.9 23.9	27.0 26.3	23.9 23.2
210	25.6 23.8	27.2 26.5	24.2 23.4
240	26.2 23.7	27.3 26.4	24.4 23.5
270	26.5 23.4	27.4 26.4	24.4 23.5
300		27.4 26.5	24.3 23.4
330		27.6 26.5	24.3 23.4
360		27.5 26.4	24.4 23.5

上記測定においては、1回目と2回目で温度計を入れかえ、2回目と3回目で温度計を入れかえた。なお測定途中で、温度の降下が見られる場合があるが、このときはちょうど雲がかかってやや

曇り気味になったときであった。

以上のように、太陽光を熱源として利用すると、普通の空気の場合よりも二酸化炭素の場合の方が、温室効果がより際だっていることを簡単に確かめることができる。

3 熱源に白熱電球を用いた場合

雨天の場合のように室外で実験ができないときには、実験室の中でも行える実験方法を開発する必要があった。最初、2体のペットボトルに対して2個の電球を用いて、それぞれのペットボトルの外から照射したが、比較対象実験を行うには電球のばらつきが大きすぎて困難な状況であった。演劇用のスポットライトなどの大型の光源1個を熱源として用いて同時に2体のペットボトルを暖めたり、OHPの光源を用いてみたりしたが、望ましい結果は得られなかった。

そこで図に示すように、2体のペットボトルを電動式の回転台に固定し、回転台の中心部に1個の白熱電球（100W）を熱源として上部からつるす形で設置した。1個の白熱電球を用いた場合でも、方向によって放射される熱エネルギーはばらついているため、例えば電球の右側に強い熱エネルギーの放射があるが、左側へは弱いということもある。そこで、この白熱電球のまわりをペットボトルが回転するようにしたわけである。このような操作を行うことによって、2体のペットボトルのそれぞれが、時間あたりに受け取る熱エネルギーを均等にすることができる。回転周期は、温度計の目盛りが読みとれる程度にゆっくりとまわるよう約5秒とした。

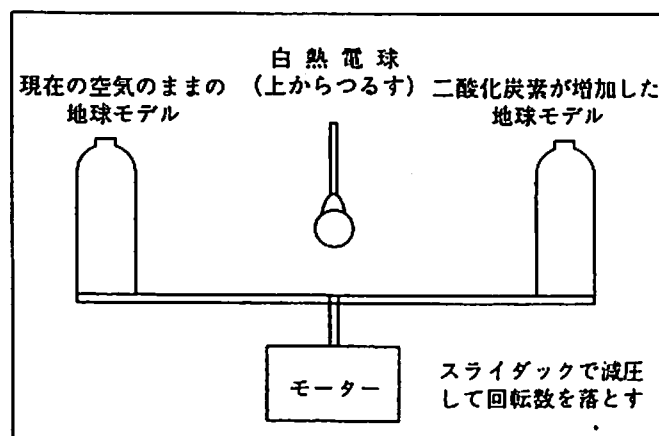


図1

ペットボトルを固定するための電動式の回転台は、次のようにして製作する。扇風機のモータからファンを外して、モータを横置きに設置できるように工夫し工作する。モータの回転軸に長さ50cm程度、幅10cm程度の棒を、中心にあわせて取り付ける。この棒の両端にペットボトルを取り付け、スライダックで減圧しながらモータを回転させる。

表2は、扇風機で製作した回転台ではなく、市販の実験教材用回転台を用いて行った実験結果であるが、二酸化炭素による温室効果が、普通の空気の場合よりも大きいことが確認できた。実験日時は、1998年8月28日金曜日の午後1時から4時である。

表2 熱源に白熱電球光を用いた場合

時間 (秒)	1 回目 気温27.3℃		2 回目 気温28.4℃		3 回目 気温29.6℃	
	二酸化炭素	空 気	二酸化炭素	空 気	二酸化炭素	空 気
0	28.1	28.2	29.7	29.6	30.6	30.7
30	28.6	28.8	30.4	30.3	31.4	31.4
60	30.3	30.4	31.3	31.2	32.2	32.3
90	30.9	31.1	31.9	31.8	32.9	33.0
120	31.5	31.7	32.6	32.4	33.6	33.7
150	31.9	32.1	33.1	32.9	34.2	34.1
180	32.3	32.4	33.6	33.4	34.6	34.6
210	32.7	32.8	33.9	33.8	35.1	34.9
240	33.0	33.0	34.3	34.1	35.4	35.2
270	33.3	33.2	34.6	34.3	35.7	35.4
300	33.6	33.4	34.9	34.6	35.9	35.6
330	33.8	33.5	35.1	34.8	36.1	35.8
360	33.9	33.6	35.3	34.9	36.2	35.8
390	34.1	33.8	35.4	35.0	36.3	35.9
420	34.2	33.9	35.5	35.1	36.4	36.0
450	34.3	34.0	35.7	35.3	36.4	36.1
480	34.4	34.1	35.8	35.4	36.5	36.1
510	34.5	34.1	35.8	35.4	36.6	36.1
540	34.6	34.3	35.9	35.4	36.6	36.2
570	34.7	34.3	35.9	35.4	36.6	36.2
600	34.8	34.3	36.0	35.4	36.6	36.2

本実験においても、太陽光のもとでの実験と同様に、1回目と2回目で温度計を入れかえ、2回目と3回目で温度計を入れかえた。このように、白熱電球光を熱源として利用した場合にも、普通の空気の場合より、二酸化炭素の場合の方が、温室効果がより際だっていることを簡単に確かめることができる。

おわりに

この実験教材を開発するにあたって、熱源とし

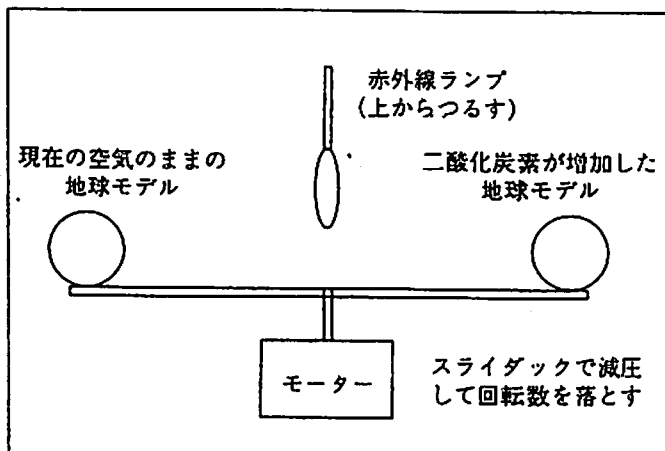


图 2

て、二酸化炭素の吸収帯付近の赤外線を出す赤外線ランプを用いてみたり、地球をイメージしやすいようにと、透明半球を2つ合わせて1つの球にした地球モデルを作り、これに温度計を差し込む穴や二酸化炭素などの気体を注入する穴を加工して、やや複雑な実験器を製作してみたりした(図2)が、とある中学校の先生が、筆者が製作した「温室効果実験器」を貸して頂けませんかとおっしゃった言葉につまってしまった。自分の学校で生徒に実験をさせてやりたいと考えておられる先生にとって、実験器具が入手しやすいものであることは、絶対に大切な要件の1つであるということである。二酸化炭素の吸収帯付近の赤外線を出す赤外線ランプの購入や地球モデルの製作は手間がかかり、教師の時間的余裕が減っている昨今にあっては、実験準備にきびしいものを感じざるを得ない現状がある。そのような状況下で、リサイクルをころがけるだけで簡単に入手できるようなペットボトルなどを理科の実験教材として積極的に用いていくことは意義があると思う。

最近では、青少年のための科学の祭典や子どもたちのための科学実験教室が多く開催されるようになった。今回紹介した実験は、このようなイベントにあるいは、理科部や科学部などが文化祭等で演示する実験としてもおもしろいのではないだろうか。

【文献】

- 1) 関登「地球温暖化の実験」ガリレオ工房通信, No. 137, pp.14-15

かわむら やすふみ
京都教育大学附属高等学校