

目的

学習指導要領が改訂され、従来以上に実験・観察をもとに学習が進められることが強調されているが、気象教材には実験・観察が少ないのが実情である。そこで、従来不十分であった大気圧の認識をはじめ、気象現象を身近な器具や材料を使用し、直接経験を通して考察させるための実験・観察法について研究した。

概要

1. 角型水そうによる大気圧および断熱膨張に関する諸実験

角型水そうの口部にポリ袋を止めたもので、水そう内部の気圧を簡単に変えることができ、大気圧をダイナミックに実感させることができる。また、断熱変化による雲の発生や温度変化を顕著に示すことができ、その温度変化を体感させることができる。更に、雲を発生させないときと発生させたときの温度変化の違いから乾燥断熱減率と湿潤断熱減率の違いを示すことができる。

2. 地面の暖まり易さの違いによる気圧差の発生

太陽放射に伴って気圧差が生じることを確かめさせるもので、これをもとに世界の気圧分布の成因や気圧と風について考察させることができる。

3. 雨粒のでき方(氷晶説)

寒剤を入れたフラスコのまわりに霧と氷晶(霜)を発生させ、水滴と氷晶の飽和水蒸気圧の違いを推察させることによって、水滴が蒸発して氷晶が成長することを考察させる。

4. その他

空気中の水蒸気量や空気の重さの測定について工夫を加えた。

実験方法と学習指導方法

1. 角型水そうによる大気圧および断熱膨張に関する諸実験

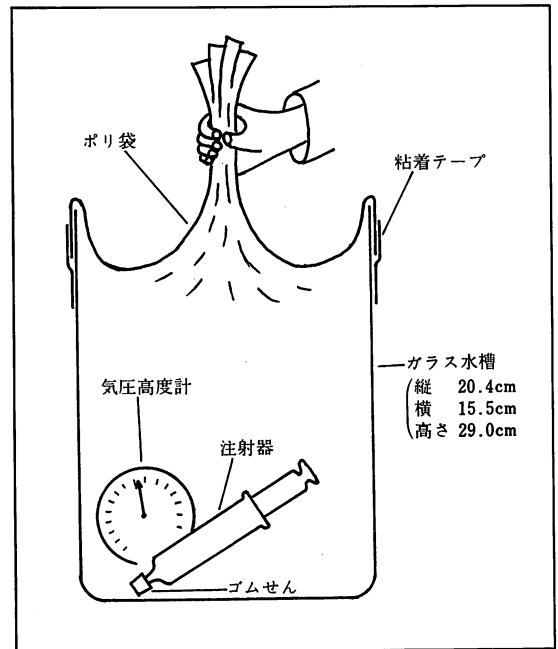


図1 簡易断熱膨張実験装置 I

図1は、粘着テープを用いて水そうにポリ袋を筒になるように止めたものである。ポリ袋どうしの接着にはセロテープを用いる。これに注射器や気圧高度計を入れて、ポリ袋の端をにぎって押したり引いたりする。引く場合は、一度水そうの中に突っ込み、空気を追いだしてから引っ張ると、ポリ袋は写真1のように水そうの内壁にぴったりひっついて、安定的に50~100mb位の気圧変化を与えることができる。水そうの大きさは、図1に記載の大きさが適当で、これ以上大きくなると減圧がむつかしくなる。

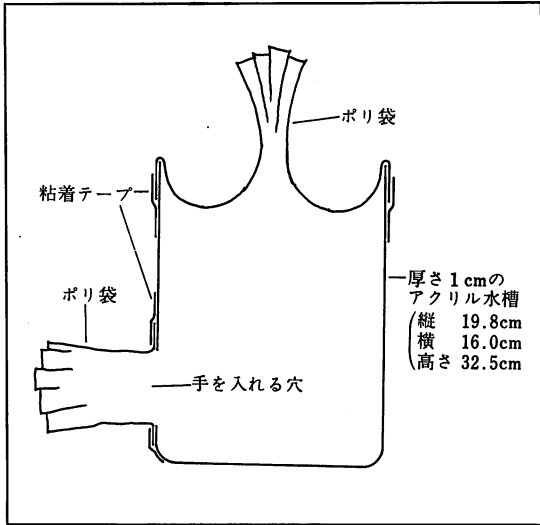


図2 簡易断熱膨張実験装置II

〔注〕 写真1～13は92～94頁に掲載

図2は、断熱膨張による温度変化を体感させるためにつくったもので、厚さ1cmの亚克力板で製作した。手をつ突込む横の穴にも同様にポリ袋を粘着テープで止めてある。この断熱膨張実験装置IIは、横の穴をふさぐことによって、装置Iと同じように実験できる。

(1) 大気圧の存在と実感(手ごたえ)

写真1のように適当に空気を入れた注射器またはふうせんを水そう内に入れ、ポリ袋を押したり引いたりする。そのときの注射器の内筒の出入りから空気は押し合ったりつり合っていることを考察させ、図1の矢印は水そうの内側と外側の圧力差によって外から押されていることを考察させる。

このことから手でポリ袋を引っ張っている手ごたえは、大気圧を実感として感じることを味あわせる。大気100mの高さに相当する12mbと水そう内の気圧高度計の変化から、ポリ袋の手ごたえはいくらの高さの空気(空気量=水そうの断面積の $\frac{1}{2}$ ×空気の高さ)を支えていることに相当するかを考察させ、大気圧を実感させたい。水そうの断面積の $\frac{1}{2}$ については、図3のように、一つの三角形について大気圧のかかり方は、重心Gにかかっているとみなすことができる。従って、大気圧の $\frac{2}{3}$ を周辺が、 $\frac{1}{3}$ を中心が支えていると考えられる。例えば、気圧高度計が100mbの減圧を示したとすると約800mの高さの大気を支えていることになり、そのときの手の力は水そうの断面積の $\frac{1}{2}$

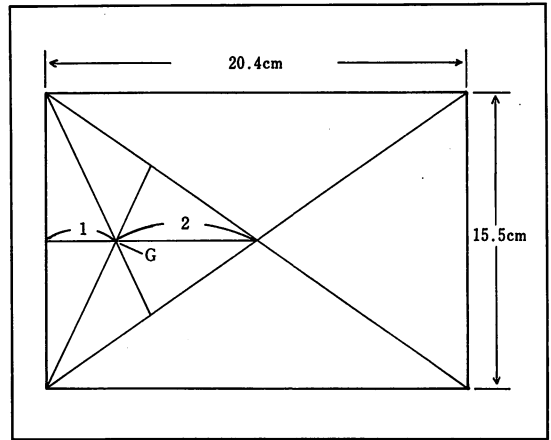


図3 ガラス水槽の断面

で高さ800mの空気の重さに匹敵している。

(2) 断熱膨張による雲の発生と温度変化

A. 断熱膨張による雲の発生(写真2)

簡易断熱膨張実験装置Iに水または温湯を少量入れ、次に煙を入れて減圧する。このとき水蒸気をよく飽和させることが現象を顕著にする。また、横からフラットランプで照らしたり、下側とバックに黒布をおくとよく見える。現象が顕著で学習効果絶大である。

B. 断熱膨張による温度変化

写真3のように、サーミスタ感温部に3～4cm角位のアルミ箔をつける。その際、感温部をアルミ箔でつつむようにセロテープで密着させることがコツである。それを気圧高度計に粘着テープで止め、簡易断熱膨張実験装置の水そうの中に入れる。

写真4の要領で100mb程度減圧し、そのときの温度変化を読み取る。温度が最下点に達し、上り始めるまでは減圧を一定に保ち、上り始めたらポリ袋を引っ張るのをやめ、温度が最上点に達したとき同様に読み取る。表1に100mb減圧した場合のデータをあげる。

熱の出入りは予想のほか速く、10～15秒位で釣り合う。そのためポリ袋を引っ張るのをやめてもとに戻したとき、一般に温度がはじめより上昇する。また、従来のガラス電極によるサーミスタ温度計(写真5)の精能は、デジタルサーミスタ温度計のような高価なもの比べて全く劣ることはない。

従来のフラスコなどを用いた断熱膨張に伴う温

表1 断熱膨張による温度変化(100mb減圧、簡易断熱膨張実験装置 I)

		理論下降 温度	はじめの 温度	最下点の 温度	下降温度	戻した時の 最上点温度	
デジタルサーミスタ 温度計	付アルミ箱	11.18	25.98	23.59	2.39	26.92	
		11.18	25.88	23.37	2.51	26.86	
		11.18	25.89	23.43	2.46	26.78	
	サーミスタ のみ	11.19	26.14	24.84	1.30	26.25	
		11.18	25.92	24.73	1.19	26.21	
		11.18	25.95	24.89	1.06	26.23	
水銀温度計 0~50°C、0.2°C目盛		11.2	25.4	25.2	0.2	25.4	
		11.2	26.5	25.9	0.6	-	
従来のガラス電極 サーミスタ温度計	付アルミ箱	11.3	27.8	24.9	2.9	27.8	
		11.2	27.4	24.8	2.6	27.4	
	ガラス電極 のみ	11.2	27.0	25.5	1.5	27.0	
		11.2	27.1	25.7	1.4	27.1	

度変化の測定の問題点として

1. 容器が小さいため熱の出入りが速く、すぐ釣り合って温度下降が測定しにくい。
2. 減圧が大きいと空気がうすくなって熱容量が小さくなり、感温部に作用しにくい。
3. 感温部にふれる空気はわずかなため、すばやく反応しにくい。

などが考えられ、サーミスタ温度計でも0.5~1.0°Cどまりであった。

従って、断熱膨張による温度変化の実験では、容器が適当に大きく、感温部にアルミ箱をつけることと共に減圧をあまりせず、空気をあまりうすくしないことが一つのコツである。100mb程度の減圧で、1.1倍に膨張させただけでも理論的には約11°Cも降下しており、これを感温部に十分反映させることがコツと思われる。反対に断熱圧縮のときの温度上昇は、空気が濃くなり、熱容量が大きくなるため、断熱膨張の温度降下に比較して測定し易い。

C. 断熱膨張による温度変化の体感

写真6に示すように、簡易断熱膨張実験装置IIの横穴から手を入れ、空気がもらないようにしっかりと持ち、別の人が100mb程度ポリ袋を引っぱって減圧する。減圧の程度は、少なくとも100mb程度が必要である。減圧と共にひんやりと感じられるが、まもなく周囲や手からの熱の供給でわからなくなる。反対にポリ袋をもとに戻したとき顕著な温度上昇(ほてり)を感じる。わかるまでつけて繰り返してみる。これらの実験を通して、大気の上昇に伴って上空で起きている雲の発生や温

度変化を五感を通して感じとらせることができ、興味・関心を一層持たせることができると共に、学習効果を高めることが可能である。

D. 乾燥断熱減率・湿潤断熱減率と雲の発達、フェーン現象

簡易断熱膨張実験装置Iを用いて、乾燥しているときと湿っていて雲が発生するときの温度変化を100mb程度減圧して比較する。湿った空気の露点が高く、気温に近い程、潜熱の放出が大で顕著な差がでる。表2にその実験例を示す。

実験データは、実際の場合とは大幅に小さいが、乾燥断熱減率と湿潤断熱減率とが違ふことは明らかに比較できる。熱対流、台風のときの雲の発達やフェーン現象などについて、実験を通して考察させ、学習を深めさせることが可能である。

表2 乾燥断熱減率と湿潤断熱減率(100mb減圧、デジタルサーミスタ温度計、付アルミ箱、簡易断熱膨張実験装置 I)

		はじめの 温度	最下点の 温度	下降温度	戻したときの 最上点温度
乾燥断熱減率	1回	27.67	25.31	2.36	28.30
	2回	27.55	25.07	2.48	28.26
湿潤断熱減率	1回	28.54	27.05	1.49	28.91
	2回	28.46	27.00	1.46	28.65

2. 地面の暖まりやすさの違いによる気圧差の発生

図4、写真7、8のように、窓側に置いた1m×2mのベニヤ板の上に黒色プラスチック円板(直径約60cm)をのせたデジタルてんびんをセットし、太陽放射(曇の場合はフラットランプで照射)に伴って生じるベニヤ板と円板上の気圧(図中の矢

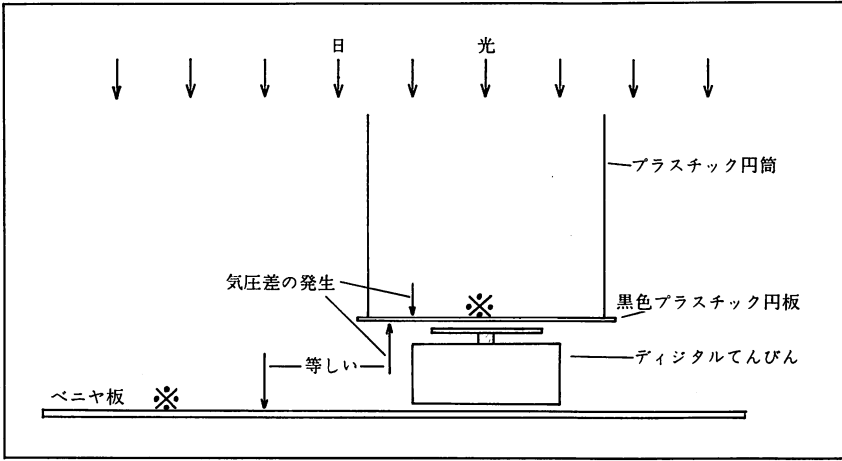


図4 地面の暖まりやすさの違いによる気圧差の発生
(※印 サーミスタ温度計の感温部)

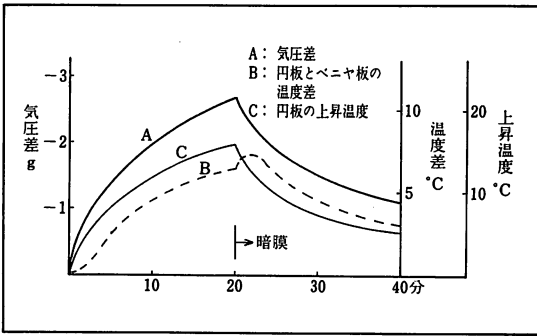


図5 地面の暖まりやすさの違いによる気圧差の測定例
(プラスチック円筒のある場合) 55.12.6. 快晴

印)の差を測定する。プラスチック円筒(直径50cm、高さ60cm位)はない方が実験としては当を得ていると思われるが、ある方が気圧差が大きく、現象が顕著になる。窓は閉じる。実験中空気を動揺させると結果がよくない。また、実験開始までは、暗まくなどで装置全体に光を当てないようにする。必要な記録がとれたら、最後に円筒がある場合は少し持ち上げてすき間をつくり、線香の煙で周辺の大気の動き(写真9)を観察させる。また、ベニヤ板と黒色プラスチック円板にさわらせ、直接温度の顕著な違いを体験させるのもよい。

図5の測定例は、プラスチック円筒をのせた場合で、12月の快晴の日に測定したものである。実験開始20分後に円板とベニヤ板の温度差は6.4°C、気圧差は2.7gであった。図からわかるように、気圧差は円板とベニヤ板の温度差より、円板の上昇温度と関係が深いかもしれない。プラスチック円筒を置かない場合は、実験開始20分後に温度差7.0°C、気圧差は

1.2gであった。円板にベニヤ板を用いると、ベニヤ板からの水分蒸発の影響が大きいため、プラスチック円板を用いた。黒色は、黒色のつや消しラッカープレーで塗装した。

図6に示すように、はじめ実験装置を窓側にセットしたときは温度差がなく、気圧が同じAの状態であったと考えられるが、時間経過につれてBのように大気が膨張し、上層に気圧差を生じ、(イ)の向きに大気の移動が生じ、その結果Bに示すように地上に気圧差を生じ、(ロ)の向きの風が起こるとい方向で理解を深めるように学習を展開する。これをもとに世界の気圧分布の成因や季節風、海陸風について考察させることができる。

3. 雨粒のでき方(氷晶説)

【実験I】温湯(夏は50°C、冬は30°C前後)を入れたビーカーに寒剤(氷と食塩)を入れたフラスコをのせる。図7、写真10に示すように、ビーカー

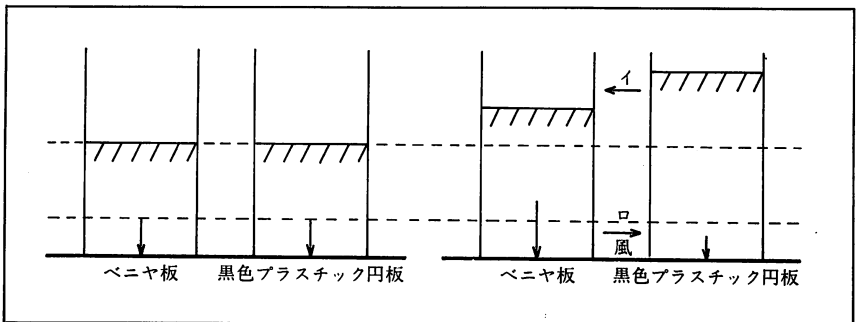


図6 気圧差の発生の仕組み

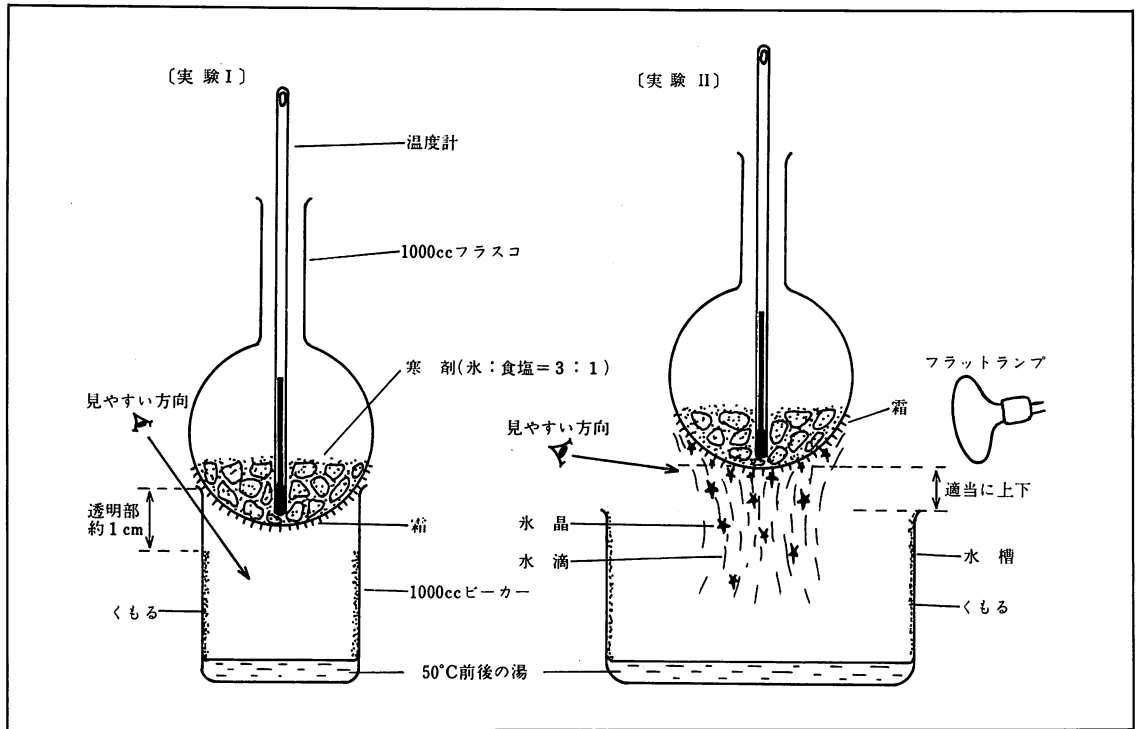


図7 雨粒の作り方

一のフラスコに接するところに幅 1 cm 位の透明部ができる。フラスコをビーカーからはなすとパツ！とくもり、のせるとスーッ！と消えていくのがはっきり見える。フラスコをはなしている時間が長いと水滴が大きくなって、次にフラスコをのせたとき透明になるのに時間がかかる。

水の面と水の面とでは、飽和水蒸気圧が違うので、0°C以下で両者が共存するところでは、水の面に対して水蒸気が過飽和になり、水晶（霜）がどんどん成長するが、それだけ水滴に対して乾燥するのでどんどん蒸発する。冷蔵庫の中と同じ原理で、フラスコの周辺は乾燥した状態になっている。これを過冷却の水滴と水晶がまじっている層のモデルとして探的に考察させる。

【実験 II】 図 7、写真 11 に示すように、温湯（実験 I に同じ）を入れた水そうの上部に寒剤（実験 I と同じ）を入れたフラスコをかざし、フラットランプの反対側から水晶を含んだ下降流を観察する。温湯による上昇気流は、あまり強くない方がよい。フラスコは下降流が最も顕著になる高さで固定する。

フラットランプをフラスコの底すれすれにかくして見るのがコツで、写真 11 のように雲粒の中に

白っぽく光る粒（水晶、写真では白紙）が見られる。結晶面があるためや軽いから下降流からファツ！とそれる。接近してじっと見ると、フラスコの底に近い所（1 cm 前後）では、発生した水晶がわずかに成長するように見える。また、フラスコのすぐそばは乾燥しているためか、1 ~ 2 mm の幅に透明なすき間が写真 11 のように見える。

フラスコの底から水滴の粒と水晶（水滴に比べて数が著しく少ない。自然の雲の中でも水滴と水晶とが共存するあたりでは、やはり水晶の数が著しく少ないといわれる。）とが見事に下降していくのが見える。図 8 に示すように、フラスコに近い所では露点以下に冷やされて水蒸気がどんどん水滴になり、それよりもっと近い所では反対に水晶（霜）が成長しただけ乾燥し、一度できた水滴がどんどん蒸発する。このようにして水晶（霜の結晶）がはなれやすい状態でどんどん成長し、下降流にのるものと考えられる。雲の中では、広い範囲にわたって同じ条件が成り立っているから、下降することもないので、上下しながら水晶が成長して雪になるという水晶説モデルとして扱う。

4. 空気中の水蒸気量の測定

写真 12 のように、シリカゲルをつめた長さ約 20

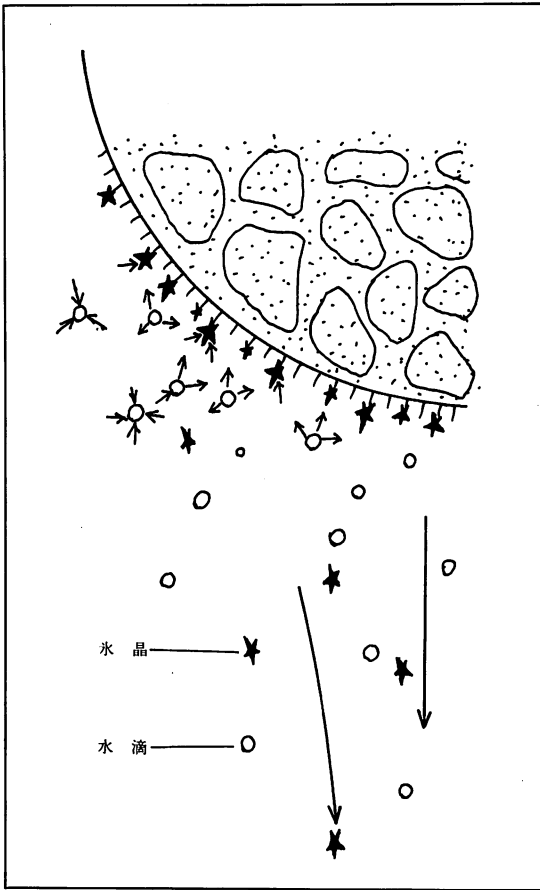


図8 実験IIでフラスコの周辺に起こっている現象

cm位のガラス管(シリカゲルが一行に入れば十分)に100cc注射器をつなぎ、ピンチコックを交互に動かして注射器を50~100回往復し、空気5~10ℓをシリカゲルに通す。実験の前後でガラス管の重さを0.01g単位まで測定し、空気1m³中の水蒸気量を計算する。ガラス管2本つないだのは、1本で完全に吸収されるかどうかを確かめさせるためのものである。この実験には、ピンチコックの操作と注射器の操作に2人の生徒が必要で、授業に活気があり、定量しているイメージが強く、結果もよい。

2本目のガラス管の重さは、絶対に増加することがなく、また、注射器の往復をある程度強制的に動かしても結果は同じである。やや強制的に往

復して100回10ℓとしても8~10分で完了し、授業中の実験として十分可能である。

5. 空気の重さの測定

写真13のように、からのポンペに100cc注射器で一定量の空気を送り込み、その前後の重さの差から空気1ℓの重さを求める。注射器に空気を吸い込むときは、気体ポンペの白いせんをはずして吸い込み、送り込むときははめて押し込んで送気する。はじめ気体ポンペから2~3回空気を吸い取ってから重さを測り、それから送り込む方法をとれば、500ccまでなら楽に送り込むことができる。

水上置換による体積測定のように水を使わないため、操作が簡単なことおよび空気が湿ることによる体積増加や気体が水に溶けることによる影響がなく、よく溶ける気体についても測定できる。以上の点からみて、ポンペに気体を送り込むときに体積を測定しておく方が、メスシリンダーによる水上置換法よりすぐれた方法といえる。

効果

1. 角型水そうを用いた実験は、一般的にダイナミックで顕著に現象を示すことができ、しかも五感を通して生徒にとらえさせることができ、生徒の興味と関心を高めるのに役立つ。
2. 従来、不十分かつ未開発であった実験が多数可能となり効果的になった。
3. いずれの実験も簡単で、学習の中での位置付けによって、気象現象を実験を通して探究的に考察させることができ、変化に富んだ授業展開が可能である。

その他補遺事項

これらの具体的な指導展開については、各県の教育センターや理科センターに送付してある岡山県教育センター研究紀要第69号「気象教材の指導計画に関する研究」(昭和56年3月)を参照して下さい。

研究者の所属機関所在地

〒703 岡山県岡山市古京町2-2-14

岡山県教育センター

TEL (0862)72-1205



写真1 簡易断熱膨張実験装置Iで実験中

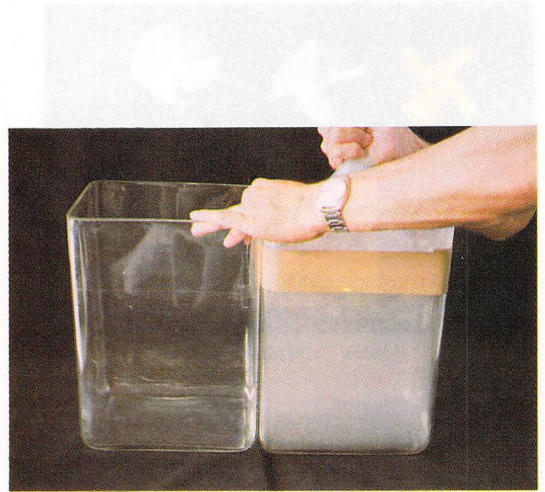


写真2 断熱膨張による雲の発生(左の水槽は比較のため)

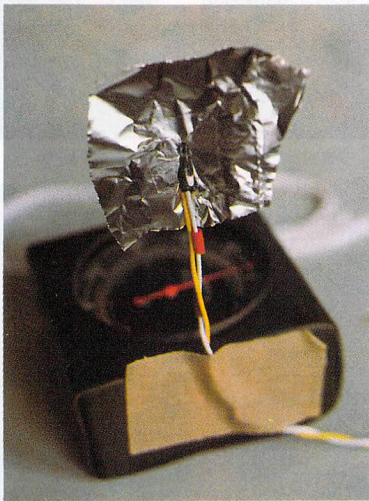


写真3 サーマスタとアルミ箔および気圧高度計

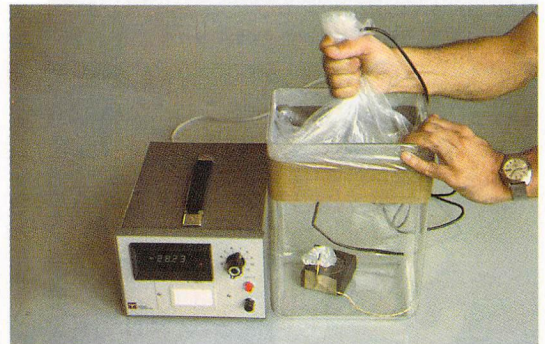


写真4 断熱膨張による温度変化とデジタルサーミスタ温度計

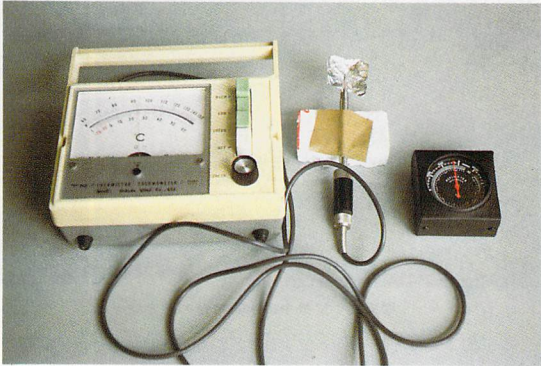


写真5 従来のガラス電極によるサーミスタ温度計とアルミ箔



写真6 断熱膨張による温度変化の体感

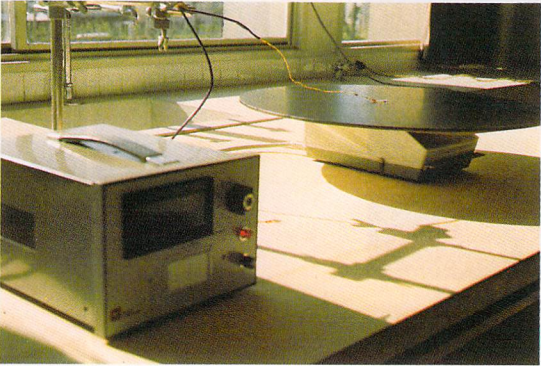


写真7 地面の暖まりやすさの違いによる気圧差の発生
(プラスチック円筒を置かない場合)



写真8 地面の暖まりやすさの違いによる気圧差の発生
(プラスチック円筒を置いた場合)

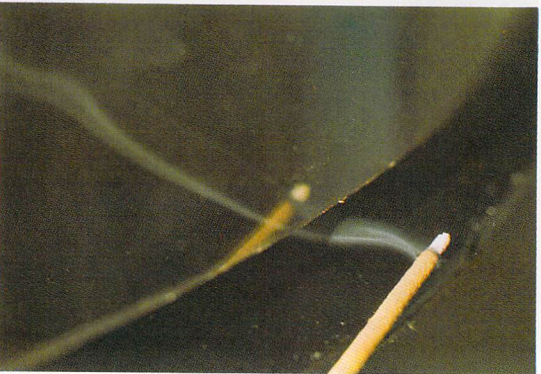


写真9 黒色プラスチック円板周辺の大気の動き



写真10 雨粒のでき方「実験I」による約1cmの透明部(乾燥部)

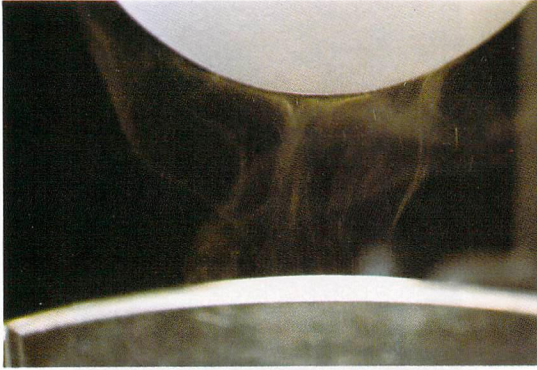


写真11 雨粒のでき方「実験II」による水滴(雲粒に当たる)と氷晶(白い線)

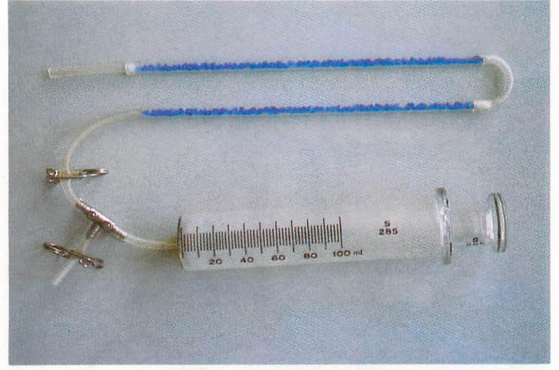


写真12 空気中の水蒸気量の測定

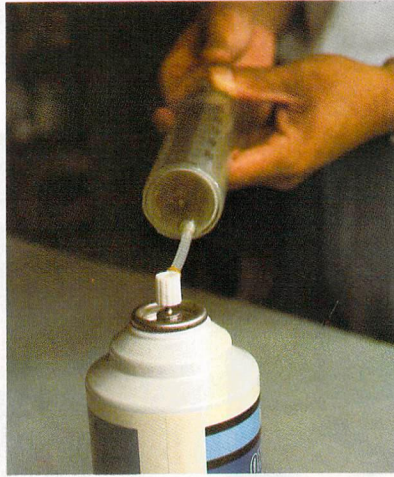


写真13 空気の重さの測定