

高気圧・低気圧のモデル実験の開発：
コリオリの力の効果を視覚的にとらえる

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 興津, 博文, 村上, 泰造 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025430

高気圧・低気圧のモデル実験の開発

—コリオリの力の効果を視覚的にとらえる—

興 津 博 文*・村 上 泰 造*
島田市理科教材開発研究グループ

1. はじめに

私達は、「生徒が意欲をもって主体的に学習に取り組むような、楽しくわかる授業を創りたい」こんな願いを持っている。そして自然科学を扱う以上、観察・実験を何よりも大切に考えている。いかに劇的・効果的に本物の自然の事物・事象と出会わせてやれるか、その中で実証的・論理的な目が育っていくのだと思う。

こういう認識のもと、私達は簡易で、安価で、しかも本質をついていて、すぐに明日の授業で生かせる観察・実験の方法の開発についてグループ研究をしている。

さて現行の教科書では中学 2 年の 2 分野「気象」の单元の中に観察・実験が少ないように思う。気象現象は、私達の生活にとって大変身近であり、かつ影響が大きい。そのメカニズムは是非グローバルな視点で扱い、教室内で再現できるものは極力モデル化したいところである。近年私達が入手できる気象情報は大変豊富になっており、天気予報の気象衛星からの画像もそのひとつである。台風などの雲が渦を巻くことは周知のことであり、生徒たちにとっては興味も大きいものがある。

しかし気圧傾度とコリオリの力のために空気は等圧線に沿って動き、特に地表付近ではこの風が等圧線に対して角度をもって吹くこと（北半球では、高気圧は右回りに吹き出し、低気圧では左回りに吹き込む）を授業では「風が地球の自転や大気と地面の摩擦などの影響を受けているため」と簡単に扱ってしまうことが多い（もっとも中学の段階でこのことを論理的に扱うことは困難であり、生徒に深く追求されると困ってしまうのであるが…）。特にこの地球の自転によるコリオリの力は一般に、ターンテーブル上でパチンコ玉を中心から外へ転がしてその曲がる様子などから演示説明することが多かった。

そこで私達は気象衛星などの写真を連想させるような、もっと簡単でストレートで、視覚的に説得力のあるモデル実験はないものかと研究を積んできた。そして回転板、透明半球、ドライアイス、フィルムケースなどを利用した高気圧・低気圧モデルの開発に成功したので報告する。なお本稿は第 39 回日本理科教育学会（1989. 8. 3 於静岡大学）で発表したものである。

2. コリオリの力（転向力）について（図 1）

今、円板が①のように左回りに回転していて、円板の中心 O から円板の端 A へ向かってボールを水平に真っすぐに転がしたとする。円板は回転しているため、②のようにボールが途中まできたときに

*島田市立第二中学校

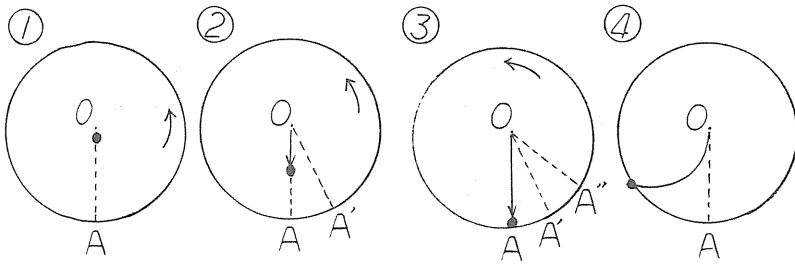


図1 回転円盤上のボールの直進運動

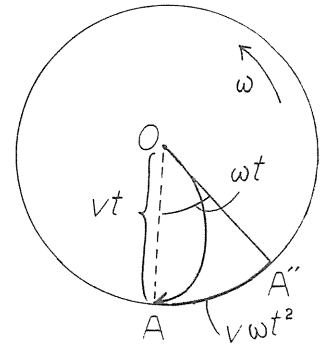


図2 コリオリの力

は、AはA'に移動している。さらに③のようにボールが円板の端に届いたときには、AはA''まで移動している。だからAからボールを観察すると④のように見えたはずである。つまりボールがその進行方向の右へ右へ向きを変えていったように見えるのである（AからOに転がしても同じように右にそれる）。外から見れば直線運動している物体が回転円板上のAからは曲線運動しているように見える。このようにボールは実際には存在しない見掛け上の力を受けたことになる。これがコリオリの力（転向力）である。

円板の回転によって生じたボールの変位量からコリオリの力の強さを数学的に表してみる（図2）。ボール（単位質量）の速さ v 、角速度 ω 、 t 秒後に③の状態になった、とすると円板の半径は vt 、中心角は $\angle A''OA = \omega t$ と表せる。変位置は AA'' の弧である。 AA'' の長さは半径 \times 中心角から $v\omega t^2$ になる。一方この変位がコリオリの力が加わったためと考えると、加速度 (a) の立場から、 t 秒後には $1/2 a t^2$ だけ OA'' からずれたことにもなる。

$$\therefore 1/2 a t^2 = -v \omega t^2$$

$$\therefore a = -2 v \omega$$

このような加速度を生じるためには外力 $f = 2 v \omega$ が作用しなければならない。その外力の方向は直線運動に垂直で、円板の回転方向とは逆向きになる。この仮想の力 f がコリオリの力である。

（コリオリの力は v に比例するので静止しているものにははたらかない）

実際の地球上のことにあてはめてみると緯度 ϕ のところでの鉛直線の角速度は $\omega \sin \phi$ であるのでコリオリの力 f は

$$f = 2 v \omega \sin \phi \quad \text{で表せる。}$$

地球が自転しているために生ずるコリオリの力は、主として水平方向に運動する気流や海流にはたらき、気象・気候に大きな影響を与えている。

3. 地上付近の風について

風の原因は気圧傾度にある。地上付近では気圧傾度による気圧力がコリオリの力および、地上（海上）との摩擦力の合力とつりあい、風は等圧線を低圧部の方へ斜めに横切って吹くのである（図3）。

北半球では右へ偏って吹き、南半球では左へ偏って吹く。前線を伴わない台風のような規模の低気圧では特にきれいな渦巻きになるのである。

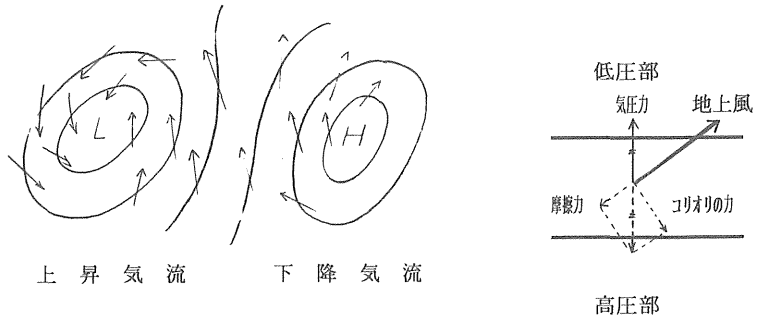


図3 地表付近の風の吹き方

4. 高気圧・低気圧のモデル実験について

コリオリの力を説明するだけであれば前述のターンテーブル上で玉を転がす実験で十分であるが、地球の自転によって高気圧・低気圧の風の渦巻き現象が起こること、特に図4のように台風がきれいな渦を巻くことなどを理解させるにはギャップがあり、説明が難しい。

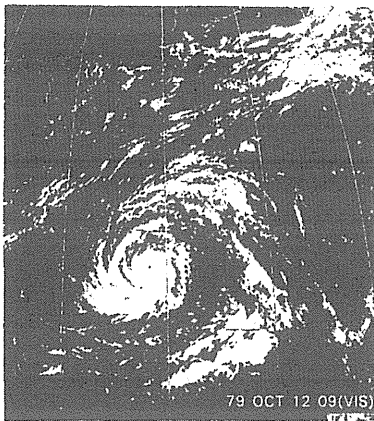
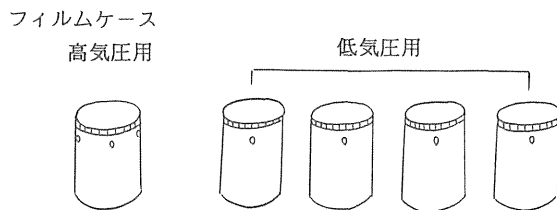
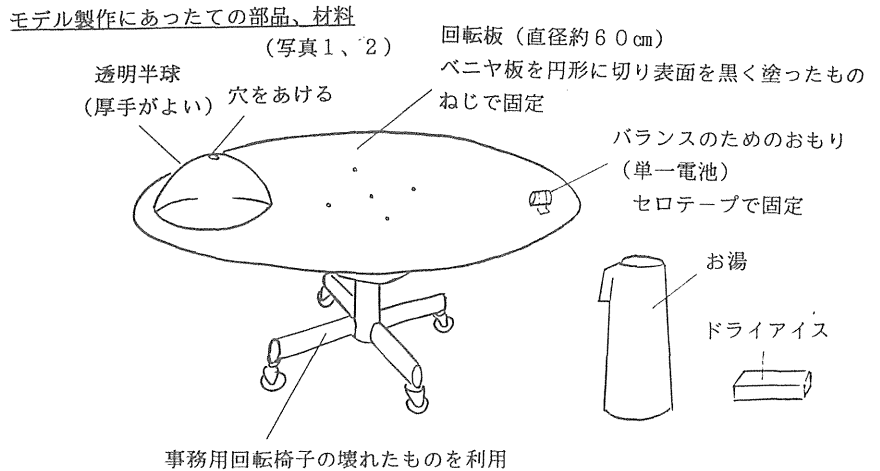


図4 台風による渦巻き

中学生の段階であるのでもっと視覚的に感覚的に、説得力があり、理屈抜きに納得させる高気圧の吹き出し、低気圧の吹き込みモデルを工夫・開発した。

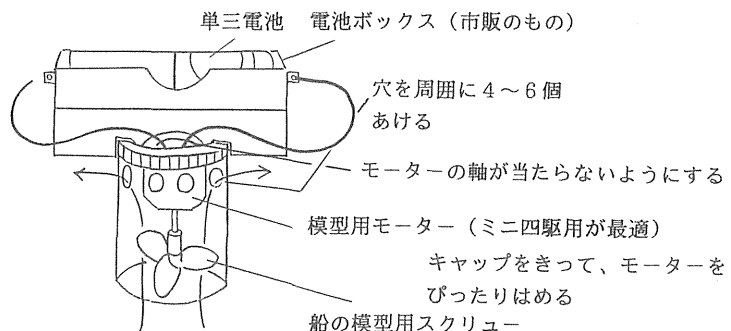
1) 実験装置について (図5)
実験装置は次の部分より成る。

a) 回転円盤



穴を4箇所あける
穴を各1箇所あける
キャップから1cm下に、ミニドリルまたは焼いた千枚どうしを用いて直径1~1.5mmの穴をあける。このとき壁に垂直になるようにする。フィルムケースの中にお湯を入れドライアイスを入れると穴から湯気が吹き出る。

低気圧用吸引モーター



※電池ボックス、ミニ四駆用モーター、スクリューなどはおもちゃ屋にある。

図5 高気圧、低気圧のモデル実験装置と部品

これは自転している地球のモデルとなるものである。事務用回転椅子の基部を用い、その上に適当な大きさの回転円盤をベニヤ板等から製作し、固定する。できるだけ水平に円盤がまわるように注意してネジで固定する。また滑らかに回転するようにバランスをとるためのおもり（単一電池等）を適当な位置に固定する。

b) 透明半球

プラスチック製の透明半球の頂部に低気圧吸引用送風装置を取りつけられる穴を開けたもの。高気圧・低気圧の実験を行うカプセルである。

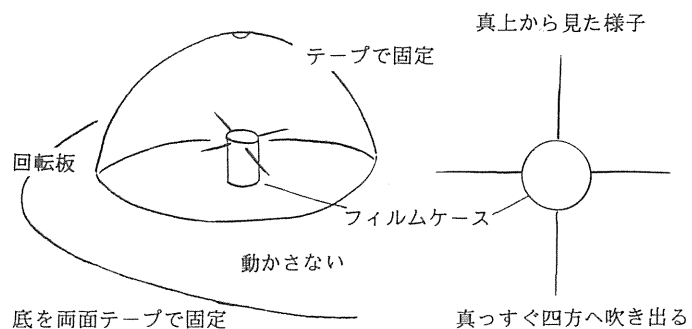
c) 空気および湯気吹き出し装置（高気圧用1、低気圧用4）

フィルムケースに適当な大きさの穴をそれぞれ4つ（高気圧用）、又は1つ（低気圧用）開けたものである。

d) 低気圧吸引用送風装置

フィルムケース等の適当な大きさのプラスチックケース内に、乾電池駆動の模型用モーターにより、送風装置の模型用スクリューを駆動できるようにセットする。単三電池ボックスをこの送風装置上に固定するとよい（図5）。

高気圧モデル（写真3、4）



2) 実験方法

a) 高気圧モデルの実験法

高気圧用空気吹き出し装置のフィルムケース内にお湯とドライアイスを入れ、回転円盤上に置いた透明半球の中の中央付近にセットする（図6）。回転円盤を適当な速さでまわして、吹き出し装置の穴から出る空気と湯気の動き方を観察する。

（フィルムケースにはお湯を1/2～1/3入れ、ドライアイスは小片で十分である。湯気（風のモデル）はあまり勢いが強くないほうが良い。）

b) 低気圧モデルの実験法

低気圧吸引用送風装置を透明半球上にセットし、透明半球内の空気を外へ吸い出すように送風装置のモーターを動かす。低気圧用空気吹き出し装置内にお湯とドライアイスを入れたものを穴が半球の中心を向くように半球の周辺に置

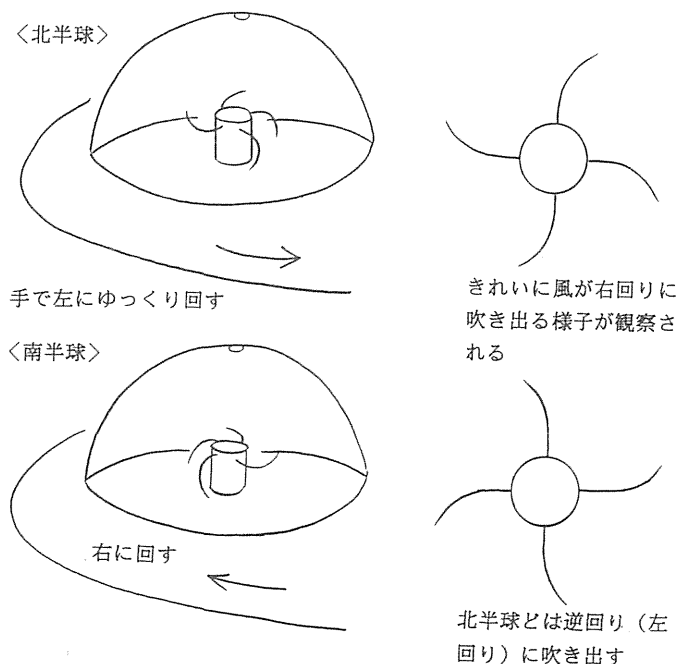


図6 高気圧モデルの実験法

く(図7)。高気圧モデルの実験と同様に回転円盤を適当な速さでまわし、半球内の空気と湯気の動き方を観察する。

5. まとめ・課題

視覚的・感覚的に理屈抜きでコリオリの力をとらえさせることができ、授業で十分使用できる高気圧・低気圧のモデルが開発できたと思っている。

* 高気圧の風の吹き出しの様子、低気圧の風の吹き込みの様子がリアルに再現でき、コリオリの力による風の転向現象を目で見ることができる。

(自転させたときと自転させないときの比較実験が効果大である。)

* 北半球モデル、南半球モデルが高気圧・低気圧双方において簡単に演示できる。

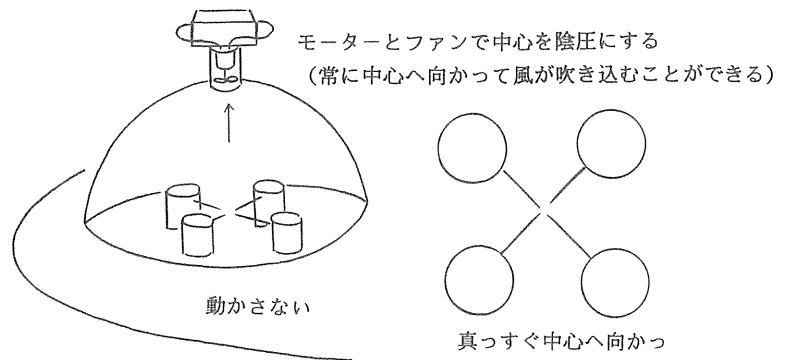
* ドライアイスを用いてできる湯気が雲を連想させ、感覚的に違和感がない。

* モーターとファンを用いたことによって、従来困難であった低気圧の演示がたやすくなった。気象衛星からの画像とまったく同じである。

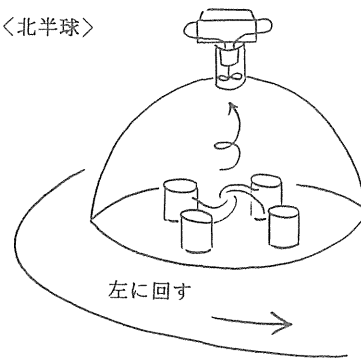
* 真横から観察すると、高気圧・低気圧の渦が立体的にできていることがわかり、実にリアルであり、効果が大きい。

(低気圧はまさに上昇気流となり、台風・竜巻を連想させるこ

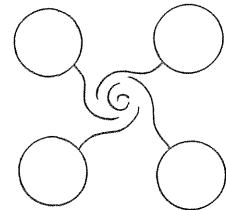
低気圧モデル(写真5、6)



〈北半球〉

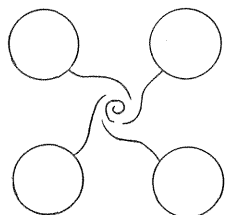
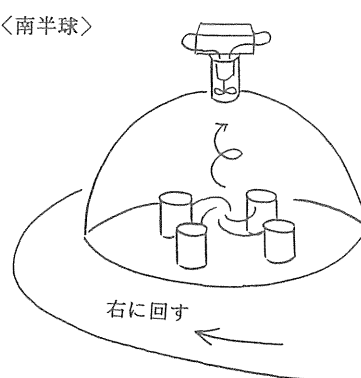


きれいに風が左回りに吹き込む様子が観察される



気象衛星写真と同様な低気圧の渦が観察される(台風、竜巻を連想)

〈南半球〉



北半球とは逆に右回りに吹き込む

※低気圧モデルの失敗例

モーターとファンで中心付近の気圧を下げないため、常に風が中心に向かって吹かず、結果的に高気圧が四つ並んだモデルになってしまう。

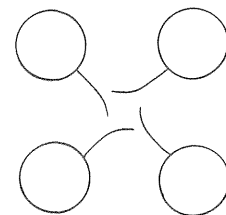
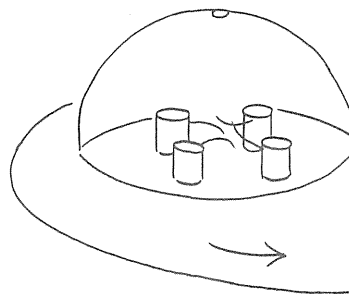


図7 低気圧モデルの実験法



写真1 壊れた椅子を利用した回転板

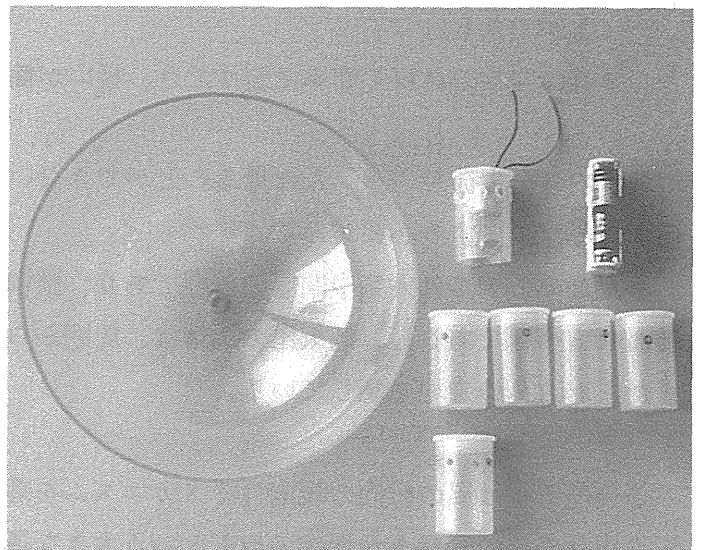


写真2 透明半球、フィルムケースなど

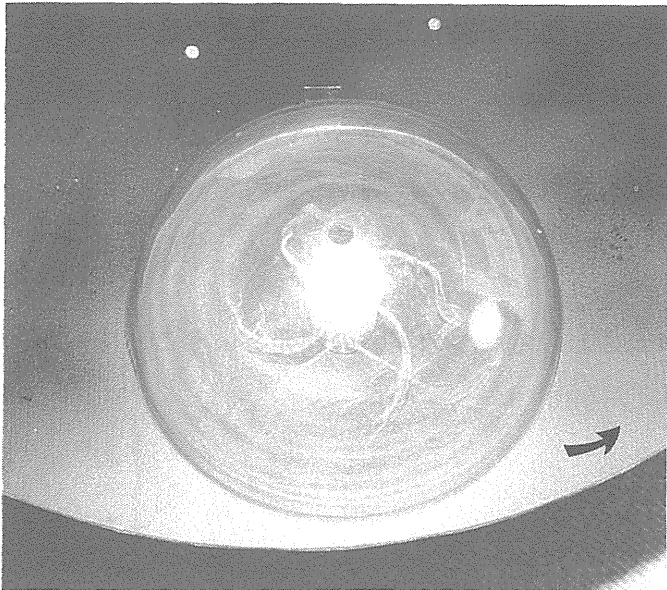


写真3 北半球 高気圧モデル

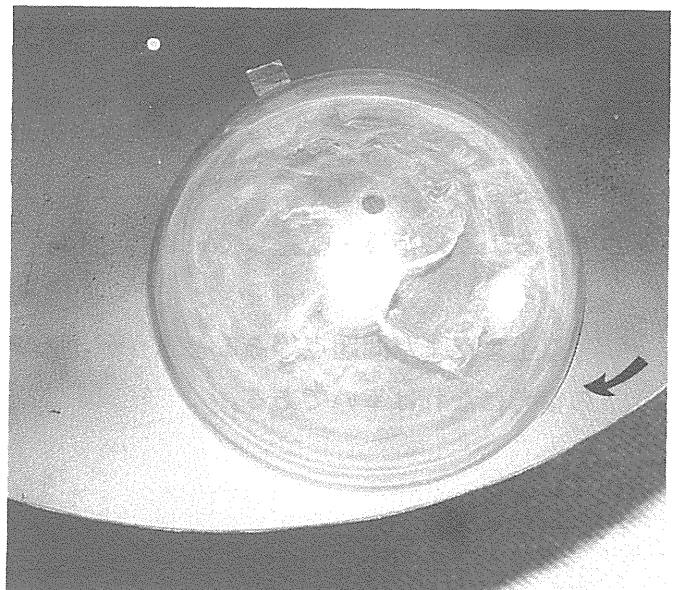


写真4 南半球 高気圧モデル

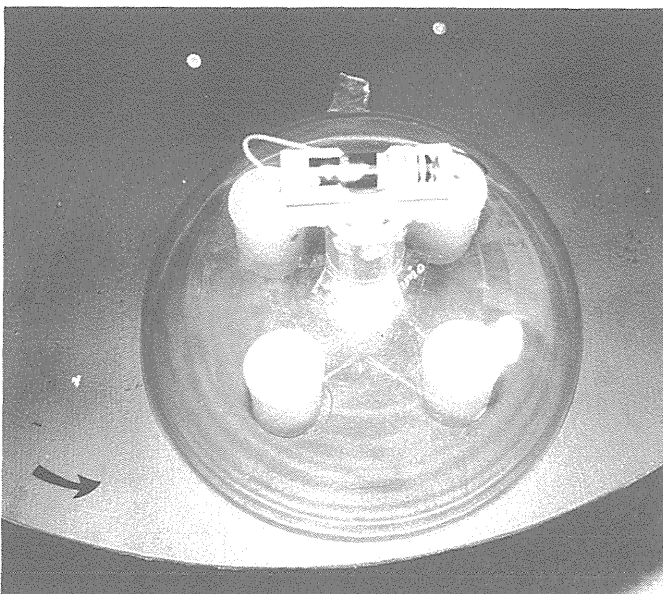


写真5 北半球 低気圧モデル

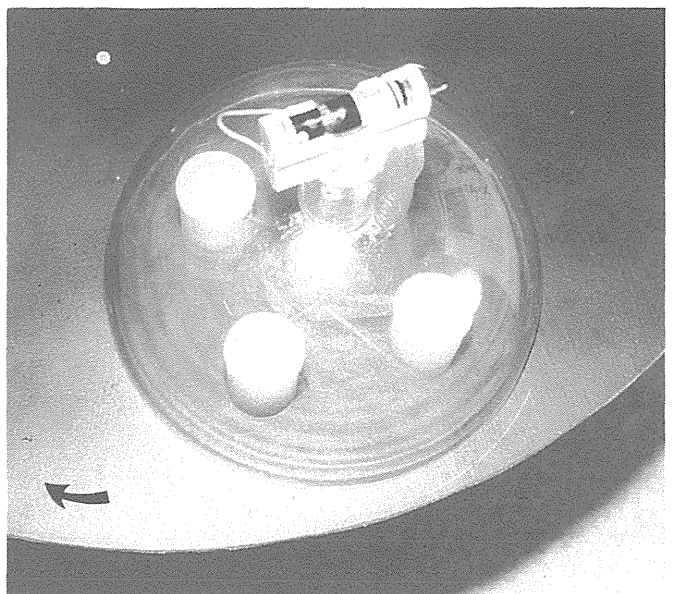


写真6 南半球 低気圧モデル

とができる。)

*身の回りの材料で簡単に製作でき、扱いが簡単である。

教室内の全生徒がいつべんに見ることができないなど問題点もあり、台数を増やしたり、VTR を利用するなど工夫する必要がある。

またこのモデルは大気中間層のものであり、厳密にいうならばドライアイスによる湯気は円板上を這わせるべきであるし、低気圧の場合は、周囲から強く吹き込ませないほうが良いと思う。この辺はまだ改良の余地を感じている。

このモデルは風の転向の規則性やメカニズムを理解させるものではなく、あくまでも高気圧・低気圧の周りの風の渦巻きが地球の自転という大きな運動に起因していることを感覚的にストレートに演示すべきものである。

(偏西風、偏東風〈貿易風〉などさらに地球規模の大気の循環を説明できるよう発展の余地はあると思うが…)

今後はこのモデルをいかに実際の授業過程の中に組み入れ、どのように扱っていくかということが課題となるであろう。是非、このモデルから自然界の雄大な気象現象の一端でも思いをめぐらせることができるように指導・配慮していきたいものである。

以上まだまだ問題点等あると思うが「気象」単元における一つの実験の開発ということで何かの参考になれば幸いである。