

# 『簡単な天気と大気の実験』



リテラシーとしての気象教育プロジェクト

坪田幸政 岩瀬珠実 高橋庸哉 共訳

# **WEATHER & AIR**

## **ACTIVITIES BOOKLET**



**Cooperative Research  
Centre for Southern  
Hemisphere Meteorology**

This activities booklet has been prepared by  
Paul Holper, from the Cooperative Research Centre for  
Southern Hemisphere Meteorology

© 1998 Cooperative Research Centre  
for Southern Hemisphere Meteorology

ISBN 0 646 35410 8

Cooperative Research Centre for  
Southern Hemisphere Meteorology  
Monash University,  
3rd Floor, Building 70  
Wellington Road,  
Clayton, Victoria 3 1 6 8  
Australia  
Ph= (03) 9905 9660  
Fax= (03) 9905 9689  
E-mail: [crc@vortex.shm.monash.edu.au](mailto:crc@vortex.shm.monash.edu.au)  
<http://www.shm.monash.edu.au/>



## 目 次

1. 重たい空気 - 大気圧 - .....	1
2. ペットボトルの科学 - 大気圧 - .....	2
3. ビンに落ちる卵 - 気圧の差 - .....	3
4. 露と霜を作ろう！ .....	4
5. ペットボトルの科学 - 雲を作ろう！ - .....	6
6. 日焼け止めを作ろう！ .....	7
7. ペットボトルの科学 - 竜巻を作ろう！ - .....	8
8. 温度計を作ろう！ .....	10
9. 汗の役割を探ろう！ .....	12
10. 気圧計を作ろう！ .....	13
11. 酸素の量を測ってみよう！ .....	15
12. 気温を測ろう！ .....	16
13. 風速を測ろう！ .....	18
14. 青い空と夕焼け .....	21
15. 氷に閉じ込められた空気 .....	23
16. 暖まりやすいのはどっち？ .....	24
17. 湿度を測ろう！ .....	26
18. 暖める雲と冷やす雲 .....	28
19. エル・ニーニョ現象と降水量 .....	30
20. 大気の高さはどれくらい？ .....	32
21. 氷河が溶けたらどうなる？ .....	33
22. オゾン量の変化 .....	35
用語集 .....	37

# 1. 重たい空気 - 大気圧 -

力と圧力の関係を理解し、大気圧の大きさを実感する。

## 準備

- 新聞紙
- 割りばし
- 定規

## 注意

生徒たちは実験台から離れ、割りばしの飛んでいく方向に近づかないようにする。

## 手順

- ① 割りばしの 4 分の 1 程度が実験台から突き出るように置く。
- ② 割りばしの突き出た部分を、上からすばやく“空手チョップ”の要領でたたく。または、定規などですばやくたたいてもよい。
- ③ 飛び出した割りばしを拾い上げ、実験台の元の位置に置く。そして、割りばしの突き出していない部分に新聞紙をかぶせる。
- ④ もう一度、上からすばやく“空手チョップ”の要領でたたく。

## 課題

- ① 生徒は実験の各段階で、どうなると思っていただろうか。
- ② 二回目の実験で、割りばしが折れたのはなぜだろうか。
- ③ 割りばしが折れたのは、新聞紙の重さのせいだろうか。

## 説明

地球上のすべての物体には空気の圧力(大気圧)がかかっている。したがって、私たちの肌にも、実験台の上にもかかっている。割りばしは比較的小さな表面積なので、割りばしの表面に作用する大気圧では、割りばしをたたいたときに支えることはできない。

新聞紙の表面積は大きいので、全体にはたらく空気の力は大きい。割りばしは新聞紙全体が受ける大気圧を受けている。その状態で定規の突き出た部分をたたくと、定規を持ち上げることができず、折れてしまう。

## 資料

新聞紙にかかっている大気圧は、1トンより重い！

## 2. ペットボトルの科学 - 大気圧 -

私たちの身の回りに作用している大気圧を、視覚的に理解する。

### 準備

- ペットボトル(ラベルをはがしておく)
- ろうと
- 熱湯
- 水
- 氷
- 大きなボウル

### 注意

熱湯の取り扱いに注意して、火傷しないようにする。

### 手順

- ① 熱湯をペットボトルに3分の1ほど注ぐ。
- ② ペットボトルにフタをして、ボウルの中に横にする。そして、ボウルに水と氷を入れる。

### 課題

- ① ペットボトルの周りに氷水を入れると、どうなるか。
- ② 観察した結果を説明しなさい。

### 説明

ペットボトルの中は水蒸気で満たされている。それを密閉した状態で冷やすと、大量の水蒸気は凝縮して水となり、気体の量が減る。すると、ペットボトル内の空気の圧力は大気圧よりもずっと小さくなるため、大気圧によってペットボトルはつぶされる。

---

### メモ

### 3. ビンに落ちる卵 - 気圧の差 -

卵を使って空気の温度による圧力変化を理解する。

#### 準備

- かたゆで卵
- マッチ
- ペーパータオル
- 卵がほぼ通り抜けられるぐらいの口の大きさのビン

#### 注意

デモンストレーションとして行うべきである。

#### 手順

- ① ゆで卵の殻をむく。
- ② 紙片に火をつけてビンの中に入れる。
- ③ すぐに卵をビンの口に静かに置く。このとき、卵のとがった方を下にする。卵はビンの口で踊るようにゆれるはずである。
- ④ 卵がビンの中に押し込まれるまで待つ。
- ⑤ 生徒に、卵をビンの中から取り出す方法を考えさせる。
- ⑥ ビンを逆さにして、卵のとがった方がビンの首にくるようにする。
- ⑦ ビンの首と卵の間に小さな隙間ができるまで、ビンを傾ける。
- ⑧ 口でビンをふさぎながらビンの中に息を吹き込む。そして、口をはずす前に、ビンの口が上にくるように戻す。



#### 課題

- ① なぜ卵はビンの中に落ちたのだろうか。
- ② なぜ、息を吹き込むと卵は元に戻るのだろうか。

#### 説明

空気は暖められると膨張する。ビンの中の空気の一部は外へ逃げようとし、卵を揺れ動かす。炎が消えると、空気は冷えていき収縮する。このとき、卵がビンをふさいでいるためビンの中の空気の圧力は大気圧より低くなる。そのため大気圧が卵をビンの中に押し込み、ビンの内外の気圧を等しくさせる。

## 4. 露と霜を作ろう！

空気中に含まれている水分を視覚的に確認する。が含まれている。

### 準備

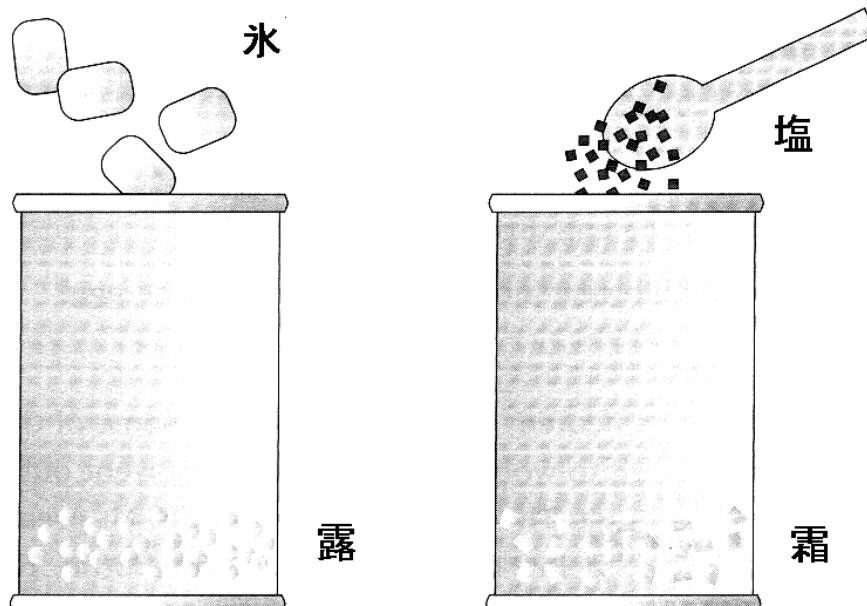
- 空き缶（端がぎざぎざしていないもので、ラベルははがしておく）
- 氷
- 塩

### 開始前の課題

- ① 寒い朝、自分の吐いた息に関して気づいたことはないだろうか。
- ② 夜間雨が降っていないのに、朝、草や葉がとても湿っていることがある。この水はどこから来たのだろうか。
- ③ 冷蔵庫から取り出したビンや缶を放置しておく、ビンや缶の外側に何を見ることができるか。

### 手順

- ① 缶に氷を半分入れ、10 分間放置する。
- ② 缶の外側に凝縮した水分を生徒が確認したら、缶の外側をよく拭いて水分をとり、塩をティースプーンに一杯とって加える。
- ③ 缶の中身を数回静かにかき混ぜる。その後、10 分間缶を放置する。



### 課題

- ① なぜ水分は凝縮し、缶の外側に水滴を作るのだろうか。
- ② 塩は、缶の中の氷の温度にどんな影響を与えるだろうか。
- ③ 非常に冷えた缶の外側に何があっただろうか。

④ 塩を氷に加えると、なぜ缶の外側に霜ができるのだろうか。

## 説明

氷が缶と、内部の空気を冷やす。空気が冷やされると、空気中の水分が露として凝縮する。氷に塩を加えると、温度は凝固点(0°C)以下となる。すると、露よりもむしろ氷の結晶、つまり霜が作られる。

露の微小水滴は主に夜間、草や葉のような冷たい表面に作られる。砂漠では、露だけが植物や動物を潤す水分なのであろう。

晴れていて静かな夜は、地表面の高さの気温は 0°C 以下まで下がることもある。その場合、水蒸気は固体結晶である霜に変化する。霜は小麦のような農作物に大きなダメージを与える。

霜は通常は曇った夜には生じない。雲が毛布のような役目を果たし、熱を逃がさないからである。霜は標高の高い場所よりも、谷で生じやすい。なぜなら、冷たい空気は密度が高く、谷の斜面を流れ下るからである。

暖かく湿った空気が急激に冷やされると、微小水滴がつくられ空中に浮遊する。これが、霧である。霧は低層雲と呼ばれることもある。暖かい海風が、冷たい陸地表面上を移動するとき、霧が作られやすい。谷や低地で、濃い霧がしばしば見られる。

## 発展学習

顕微鏡を使って、霜を観察しスケッチしてみよう。

霜は農作物に大きなダメージを与える。霜がどのようにして植物を傷つけるのか、そして一般的にどこで起こるのか調べよう。農家では霜に対してどんな対策をとっているのだろうか。

## 資料

Jack Frost はスカンジナビアの伝説に登場する妖精である。古代スカンジナビアの神話によると、風神の息子が Jokul(つららの意)、あるいは Frosti(霜)であった。Jack Frostこそが、霜の模様を作り出しているのだと考えられていた。

---

## メモ



## 5. ペットボトルの科学 - 雲を作ろう！ -

ペットボトルの中に雲を作り、雲の発生のメカニズムを調べる。

### 準備

- フタつきの、大きなペットボトル(ラベルははがしておく)
- 水
- マッチ

### 手順

- ① ペットボトルの中に水を少し入れる。
- ② ペットボトルのフタをしめ、よく振る。
- ③ ペットボトルを手で少し押しつぶして、その後手を緩める。これを、数回繰り返す。  
(ペットボトルの中で何か起こるだろうか？)
- ④ ペットボトルを開け、火のついたマッチをその中に入れる。(マッチは、水にあたると消えるはず)
- ⑤ ペットボトルのフタをしめ、よく振る。
- ⑥ もう一度、ペットボトルを手で少し押しつぶして、その後手を緩めなさい。

### 課題

- ① ビンを振ることで、なぜ実験がうまくいくのだろうか。
- ② マッチの煙はなぜ雲が出来るのに役立つのだろうか。

### 説明

水分が凝縮すると、水滴が雲を作る。埃などの粒子は水滴が出来るのを促す役目を果たす。空気中の微小な粒子がないと、雲は作られない。

雲粒は非常に小さいので、空気中に浮いたままの状態でいられる。雲粒が氷晶過程や衝突併合過程により雨粒に成長すると、空気中に浮いていられなくなり雨となって落ちてくる。平均的な大きさの雨粒ができるには、約 100 万個もの雲粒が必要である。

### 発展学習

湯を用いて同じ実験をしてみよう。もっとうまくいくだろうか。

### 資料

雲粒は水または氷の微小な粒からできている。これらの粒の大きさは約 5～75 $\mu\text{m}$ (0.005～0.075mm)である。

## 6. 日焼け止めを作ろう！

酸化亜鉛は多くの日焼け止め製品の主成分である。Anti-Cancer Council の処方にに基づいたレシピでオリジナルの日焼け止めを作る。

### 準備

- 液体パラフィン 50mL
  - 乳化ワックス 10g
  - 酸化亜鉛粉末 20g
  - 計量カップ, 計量スプーン
  - てんびん
  - ボウル 2 個 (一つは耐熱性で, もう一つのボウルを入れられる大きさのもの)
  - 湯
  - フタつきの小容器 (各生徒に配る)
  - アイスクリームの棒
  - 食紅
- (材料は, 薬局で入手できる。)

### 注意

最初の 4 段階は, 教師が行う。

### 手順

- ① 大きなほうのボウルを湯で半分満たし, 小さいほうのボウルをその中に入れる。  
(これでークラス分になる)
- ② パラフィンとワックスを小さいほうのボウルに入れ, 溶けるまでかき混ぜる。
- ③ 酸化亜鉛を少しずつ加え, クリームが滑らかになるまでかき混ぜる。
- ④ 各生徒の容器に, クリームをひとすくいずつ入れる。
- ⑤ 着色料をクリームに加える。クリームが冷えるまで, 冷たくした棒でクリームをかき混ぜ続ける。

### 説明

酸化亜鉛は, 太陽からの有害紫外線のほとんどをブロックする働きをもつ。

SPF(the sun protection factor)が, その日焼け止めの効果を表す指標となる。酸化亜鉛が日焼け止め剤に多く含まれているほど, 効果は大きくなる。

亜鉛クリームは, 酸化亜鉛を最も多く含んでいるため SPF が一番高い値となる。

### 資料

Anti-Cancer Council SunSmart program <http://www.sunsmart.com.au/>

## 7. ペットボトルの科学 - 竜巻を作ろう！ -

ペットボトルの中に渦(竜巻)を作り、渦の性質を探る.

### 準備

- 2L ペットボトル 2 個(ラベルをはがしておく)
- 水(色をつけてもよい)
- ペーパータオル
- ペットボトルの口と同じ大きさのワッシャーとダクトテープ(代わりにペットボトルのジョイントを買ってもよい)

### 注意

小さな子供が使うペットボトルは、プラスチックのリングをはずしておく.

### 手順

- ① プラスチックのリングはペットボトルの口からはずす.
- ② ペットボトル一つに、水を半分入れる.
- ③ ペットボトルの口をペーパータオルで拭き、ワッシャーをはめる.
- ④ もう一つのペットボトルを逆さにして、ワッシャーの上に置く.
- ⑤ 二つのペットボトルを、テープで念入りに巻く.
- ⑥ 二つのペットボトルをさかさまにし、水の入っているペットボトルが上にくるようにする.
- ⑦ 何が起こるか、観察する.
- ⑧ 下側のペットボトルを片方の手で、上側のペットボトルをもう片方の手で持つ.
- ⑨ 下側のペットボトルを支えながら、上側のペットボトルの上面を時計回りにすばやくまわす.
- ⑩ 空のペットボトルが下にある状態のまま、ペットボトルを立てる.

### 課題

- ① 水の入ったペットボトルを空のペットボトルの上に置いたとき、何が見られたか.
- ② 上側のペットボトルを回した後、何が見られたか.
- ③ 上側のペットボトルを回転することが、なぜ水の移動速度を速くするのだろうか.

### 説明

上側のペットボトルの中の水は、下側のペットボトルに流れ落ちるときにロウト状に渦を巻く. おそらく、浴槽の水を抜くときに同じものを見たことがあるだろう. 渦を巻いた水でできたロウト状のものは、“渦”(vortex, 空気や水がぐるぐる回転している状態)と呼ばれる. 水の中でできた渦は竜巻(激しい回転をする地面まで達するほどのろうと

状の雲)でできた渦と同じ形状である。竜巻(トルネード)は、ツイスターとも呼ばれる。その大きさは、数メートルから約 1 キロメートルにもおよぶ。

竜巻は雷雲の下にぶら下がる渦のように見える。竜巻を形成する回転した空気は初め、暗くモコモコした積乱雲の下に現れ、その後地面まで伸びてくる。風速が秒速 220m 以上に達するため、竜巻は大きな被害を引き起こす。

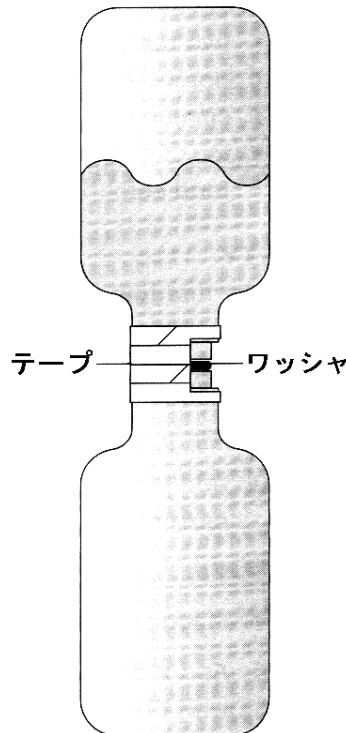
## 発展学習

回転の方向が、上のペットボトルから下へと流れる水の速度に影響するかどうか調べよう。また、上のペットボトルをもっと速くまわしたら、水はもっと速く動くのだろうか。

## 資料

1960 年代にシドニーで、雷雨と非常に速く移動する寒冷前線が竜巻をもたらした。その竜巻は高さ約 600m、広さ約 50m だった。竜巻が Cremorne を通り過ぎたときは、風速は秒速 58m に達した。その数分後には、100 万ドル分の損害をもたらした。竜巻は木々を根ごと引き抜いて、空中に飛ばす。竜巻はまた屋根を破壊し、窓を割り、車のトランクを開いてしまう。

アメリカのロッキー山脈東部の平原では、世界で最も多くの竜巻が発生する。



## 8. 温度計を作ろう！

温度計を作り，気体の性質を理解する。

### 準備

- ビン
- ストロー
- ボール紙
- 粘土
- ボウル 2 個（半分水を入れておく）
- 食用油を少し入れた色水

### 手順

- ① 色水を入れたコップに細いストローを立てる。ストローの上端を指できつくおさえる。
- ② ストローを持ち上げ，色水がストローの中にたまっていることを確認する。そのストローを空のビンの中に入れる。次に，実験パートナーに，ビンの口とストローのまわりを粘土でつめてもらう。色水はストローの中に入れておき，そのまましておく。
- ③ 粘着テープを使って，ボール紙をストローに気をつけながら貼り付ける。
- ④ ボウルの一つをお湯で，もう一つを氷水で満たしなさい。
- ⑤ ビンとストローをお湯の入ったボウルに入れる。5 分間待ってから，色水が届いた高さをボール紙上に印をつける。
- ⑥ ビンを氷水の入ったボウルの中に入れる。5 分後，色水が届いた高さをボール紙上に印をつける。

### 課題

- ① お湯の入ったボウルにビンを入れたとき，どうなったか。観察結果を説明しなさい。
- ② 氷水の入ったボウルにビンを入れたとき，どうなったか。観察結果を説明しなさい。

### 説明

温度計は温度を測定するための道具である。物質がどれほど暖かいか（または冷たいか）を測定する。物質の温度が高いほど，物質を構成する粒子の運動が速くなる。粒子が速く運動すると，粒子間隔が広がり，物質は膨張する。物質が冷えると，粒子間隔が狭まり，物質は収縮する。

この実験において食用油は，ストローからの蒸発速度を抑えるために用いている。

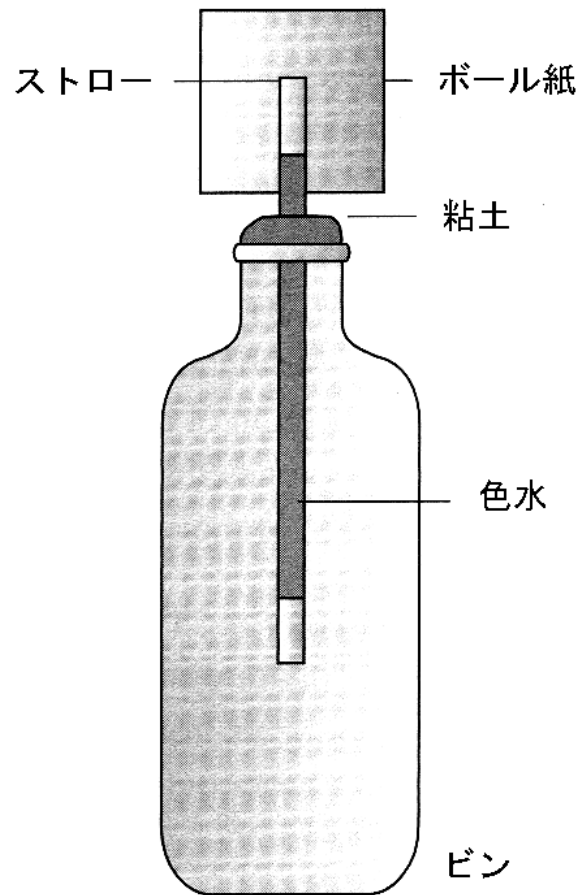
### 発展学習

一日を通して教室の温度を測ることを，一週間続けよう。どんな変化に気づくだろうか。

“本物の”温度計を使ってボール紙に温度目盛を書けば、自作の温度計で温度を測ることができる。

### 資料

0°Cから20°Cに暖めた場合、空気は約7%膨張する。



---

### メモ

## 9. 汗の役割を探ろう！

汗の役割を理解し、気象と人間の関係を体験的に理解する。

### 準備

- 水の入った容器

### 手順

片方の手のひらをぬらし、もう片方は乾いた状態にする。10秒から20秒待って、濡れた手のひらの上の空気を吹く。

### 課題

- ① どちらの手のほうが暖かく感じるだろうか。濡れた方であるか、乾いた方であるか。
- ② 濡れた手のひらの上の空気を吹くと、手の暖かさの感じ方にどんな影響があるか。
- ③ なぜ暑い日には汗をかくのだろうか？
- ④ なぜ犬は息を切らして、はあはあ言うのだろうか？

### 説明

蒸発は周りから熱を奪い、冷却する効果がある。液体を構成する粒子のうち、より大きなエネルギーをもち、速く運動する粒子が気化すると、後には冷たく、小さなエネルギーしかもたない粒子が残される。

熱エネルギーは液体が蒸発するときに消費される。

息を切らした犬の口や舌から水分が蒸発することで、体内を冷やす働きをしている。

### 資料

湿度がとても高いとき（つまり、空気に大量の水蒸気が含まれているとき）、発汗による蒸発では体を冷やすのに時間がかかってしまう。そのため、湿度の高い日はとても不快に感じる。

---

### メモ

## 10. 気圧計を作ろう！

気圧計を作り、気圧計の原理を理解する。

### 準備

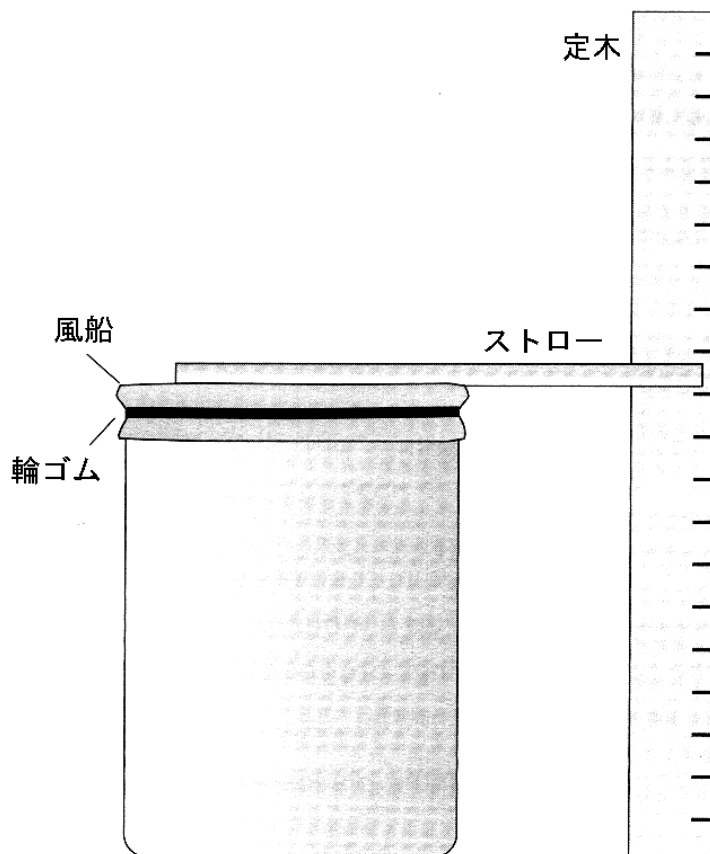
- 広口ビン
- ゴム風船
- 強い輪ゴム
- 短いストロー
- 粘着テープ
- ボール紙と紙

### 注意

輪ゴムが切れることがないようにする。

### 手順

- ① ゴム風船を広口ビンの上に伸ばし、強い輪ゴムで固定する。
- ② ストローの先を風船の中央に貼り付ける。





## 課題

- ① ストロウの先の前に、定規を立てる。定規の目盛から、ストロウの現在の位置（ゼロとする）が分かるはずである。
- ② その日一日のいろいろな時刻に、ストロウの先の位置を定規で読み取る。
- ③ 少なくとも一週間、同時刻に読み取りを行い、記録する。
- ④ この道具を用いて、どうやって大気圧が測れるだろうか。

## 説明

空気には重さがある。空気により人間や身の回りのすべての物に圧力（大気圧）がかかる。体にかかる大気圧と体内の流体の圧力が釣りあっていなければ、私たちの体はつぶされてしまう。

海面高さの大気圧は、1013hPa 前後を変動する。台風や発達した低気圧の場合は、970hPa 程度まで低下することもある。高気圧圏内では、1040hPa に達することもある。

大気圧が上昇すると、その圧力で風船はビンの中へと押し下げられるため、ストロウの先は持ち上げられる。ビンは、アネロイド気圧計に入っている、中がほぼ真空の密閉容器と同じ役目を果たしている。アネロイド気圧計の場合、圧力が変化すると密閉容器がちぢんだり膨らんだりする。てこの原理により圧力変化が拡大されて、ポインターが目盛上を移動する。

## 発展学習

毎日天気図を集め、自分で記録した気圧変化と気象台の記録による気圧変化が対応するかどうか調べてみよう。

自分の記録した気圧と気象台による測定値とを比較しよう。

## 資料

このような原理の気圧計は 1600 年代に発明された。この気圧計の性能を調べるため、フランスの科学者二人は山に登り、上がっていくにつれて気圧の測定値が下がることを確認した。これにより、気圧計が正確に作動することが確認された。

天気図上の、気圧が等しい地点を結んだ線のことを、等圧線と呼ぶ。

---

## メモ

## 11. 酸素の量を測ってみよう！

空気中の酸素量をスチールウールを使って調べる。

### 準備

- ガラスのボウル
- ビーカーまたはグラス
- 水
- スチールウール(安価なものでよい)
- 油性ペン

### 手順

- ① スチールウールをビーカーの底に押し込み、ビーカーを逆さにしても落ちないようにする。
- ② スチールウールの上に水をかけたあと、その水を捨てる。
- ③ ボウルに水を、約 2cm の深さになるまで入れる。
- ④ ビーカーを逆さにしてボウルの中に立てる。
- ⑤ 水の高さを、油性ペンで書き込む。
- ⑥ 2 日間、ビーカーをそのままにしておく。
- ⑦ ビーカーの内側の水の高さを、油性ペンで書き込む。

### 課題

- ① ビーカー内の水は、どれぐらいの高さになるだろうか。
- ② ビーカー内の水が上昇した部分の空間には、空気中の何があったのだろうか。
- ③ ビーカー内の水は、なぜ上昇したのだろうか。
- ④ 空気中に酸素は何%あるのだろうか。
- ⑤ この実験による空気中の酸素の割合を調べるとき、不正確な点を挙げなさい。

### 説明

鉄はさびるときに酸素と反応して酸化鉄となる。酸素が空気中からなくなると、その部分を満たすためにビーカー内の水が上昇する。

### 資料

酸素は空気中で 2 番目に多い成分で、体積換算で 21%に相当する。窒素は 78% を占める。

## 12. 気温を測ろう！

気温の測定を通して、生徒たちに実験における科学的な測定とデータの収集・読み取りについて理解する。

### 準備

- 温度計(生徒二人を1組に一本)

### 注意

温度計は注意して取り扱うこと。もし温度計が壊れても、生徒に片付けさせてはいけない。壊れたときは、手袋をはめて小型のホウキとチリトリを使い、水銀クリーニングキットを用いるか、硫黄を水銀に撒いてから片付けなさい。水銀は有害金属なので、手で触ってはいけない。

### 手順

- ① 教室の気温を測定する。このとき必要に応じて、生徒には示度の読み取り方を指示する。
- ② 各グループに校庭の 10 箇所で気温を測定させる。測定地点と値を記録させ、表にまとめさせる。
- ③ 測定場所のうち一地点は、日陰で地表から 1m の高さのところに観測地点を決めておく。
- ④ ほかの測定場所のうち一地点では、地表からの高さが数 cm, 1m, 2m(出来るだけ高いほうがよい)のところで測らせる。
- ⑤ 教室に戻り、測定結果のうちのどれが外気温としてふさわしいか考え、その理由を述べさせる。
- ⑥ 観測地点での測定温度すべてを集め、表にする。

### 課題

- ① 観測地点での温度に差があるのはなぜだろうか。
- ② 観測地点の温度を決定するには、測定結果をどう使えばいいだろうか。
- ③ どんな場所で測ったものが、外気温として最もふさわしいだろうか。
- ④ 外気温を測るとき、避けたほうがよい場所はどんなところか。

### 説明

信頼性がある有用な測定結果を得るには、日陰で、局所的な気温に影響を与えるような建物や樹木から離れた場所を選ばねばならない。たとえば、日の当たるレンガの壁は大量の熱を吸収し、周囲の空気を温める。



## 資料

気温や湿度の記録は通常、百葉箱として知られる木箱の中で測定する。したがって、温度は通気の良い日陰で測定するのがよい。木箱は、温度計を熱源や冷源からさえぎる役目も果たしている。

---

## メモ

## 13. 風速を測ろう！

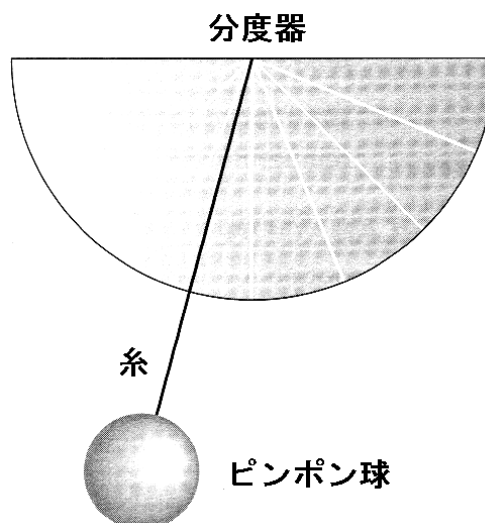
風速計を作り、風速を測定し、風速と風力の関係を理解する。

### 準備

- 強い糸または細い釣り糸 40cm
- ピンポン球
- 大きめの分度器
- のり, テープ
- 厚紙(分度器の固定に用いる)

### 手順

- ① 分度器を、弧を描く側が下にくるように厚紙にテープで貼り付ける。
- ② テープまたはのりを用いて、糸をボールに貼り付ける。
- ③ 糸のもう一方の端を、分度器の中心に結びつけるか、貼り付ける。
- ④ 風が吹いて糸が中央からずれたら、分度器の角度を記録する。
- ⑤ 次ページの表を用いて、角度を風速に変換する。
- ⑥ この測定器を屋外に持っていき、建物から離れたところで風速を測定する。同時に、ビューフォートの風力表を使って周囲の様子から風力を推定する。



糸の角度(°)	90	80	70	60	50	40	30	20
風速(km/h)	0	13	19	24	29	34	41	52

### 課題

- ① 風とはなんだろうか。
- ② 風は私たちにとって役立つだろうか。



- ③ 風はどんな損害を与えるだろうか。
- ④ 測定装置から得られた風速と、ビューフォートの風力表による風速とは一致するか。この測定装置の改善すべき点は、何だと思うか。

表 気象庁風力階級表(ビューフォート風力階級表)

風力階級	kt	m/s	km/h	mile/h	陸上	海上
0	<1	0.0-0.2	<1	<1	静穏。煙はまっすぐに昇る。	鏡のような海面
1	1-3	0.3-1.5	1-5	1-3	風向は、煙がなびくのでわかるが、風見には感じない。	うろこのようなさざなみができるが、なみがしらにあわはない。
2	4-6	1.6-3.3	6-11	4-7	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動き出す。	小波の小さいもので、まだ短いがはつきりしてくる。波がしらはなめらかに見え砕けていない。
3	7-10	3.4-5.4	12-19	8-12	木の葉や細い小枝がたえず動く。軽い旗が開く	小波の大きいもの、波がしらが砕けはじめる。あわはガラスのように見える。ところどころ白波が現われることがある。
4	11-16	5.5-7.9	20-28	13-18	砂ぼこりが立ち紙片が舞い上がる。小枝が動く	波の小さいもので、長くなる。白波がかなり多くなる。
5	17-21	8.0-10.7	29-38	19-24	葉のあるかん木がゆれはじめる。池や沼の水面に波がしりが立つ	波の中ぐらいのもので、いっそうはつきりして長くなる。白波がたくさん現われる。(しぶきを生ずることもある。)
6	22-27	10.8-13.8	39-49	25-31	大枝が動く。電線が鳴る。かさはさしにくい。	波の大きいものができはじめる。いたるところで白くあわだった波がしらの範囲がいっそう広がる。(しぶきを生ずることが多い。)
7	28-33	13.9-17.1	50-61	32-38	樹木全体がゆれる。風に向っては歩きにくい。	波はますます大きくなり、波がしらが砕けてできた白いあわは、すじをひいて風下に吹き流されはじめる。
8	34-40	17.2-20.7	62-74	39-46	小枝が折れる。風に向かって歩けない。	大波のやや小さなもので長さが長くなる。波がしらの端は砕けて水けむりとなりはじめる。あわは明りょうなすじをひいて風下に吹き流される。
9	41-47	20.8-24.4	75-88	47-54	人家にわずかの損害がおこる。(煙突が倒れかわらがはがれる。)	大波。あわは濃いすじをひいて風下に吹き流される。波がしらはのめり、くずれ落ち逆巻きはじめる。しぶきのため視程がそこなわれることもある。
10	48-55	24.5-28.4	89-102	55-63	陸地の内部ではめずらしい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害がおこる。	波がしらが長くのしかかるような非常に高い大波。大きなかたまりとなったあわは濃い白色のすじをひいて風下に吹き流される。海面は全体として白く見える。波のくずれかたは、はげしく衝撃的になる。視程はそこなわれる。
11	56-63	28.5-32.6	103-117	64-72	めったにおこらない。広い範囲の破壊をとまなう。	山のように高い大波。小船舶は、一時波の陰に見えなくなることもある。海面は、風下に吹き流された長い白色のあわのかたまりで完全におおわれる。いたるところで波がしらの端が吹きとばされて水けむりとなる。視程はそこなわれる。
12	≥64	≥32.7	≥118	≥73	—	大気は、あわしぶきが充満する。海面は、吹き飛ばしぶきのために完全に白くなる。視程は、著しくそこなわれる。

気象庁、「地上気象観測法」、日本気象協会、1988年

### 説明

太陽からの熱が空気を暖め、空気は上昇する。特に熱帯地方や赤道付近では太陽エネルギーが非常に強く、空気の上昇が活発である。暖かい空気が上昇すると、冷たい空気が代わりに入り込んでくる。我々は、そのような空気の移動を風として感じる。

夏の昼間は、一般的に陸地のほうが海洋よりも暖かい。ここで生じる気温差が昼間の海風を作り出し、内陸に数 km も吹き込む。それに対して夜間は逆方向に(陸地から海洋へ)風が吹く。陸地の起伏があるところでは、同様な気温の日変化が生じ、山リテラシーとしての気象教育プロジェクト

谷風を作り出す。局地的な現象として引き起こされる風には、つむじ風や、雷雨に伴う強風などがある。

## 発展学習

風速を測定できる、別の簡単な装置を考案してみよう。

## 資料

今まで地球表面上で正確に測定されたうち最も強かった風は、秒速約 100m であった。これは、アメリカのワシントン山で 1934 年 4 月 12 日に記録された結果である。しかし、台風・ハリケーンを中心付近では、これよりもはるかに強い風が発生する。

---

## メモ

## 14. 青い空と夕焼け

青い空と朝焼けや夕焼けの原理を簡単な実験を行って理解する。

### 準備

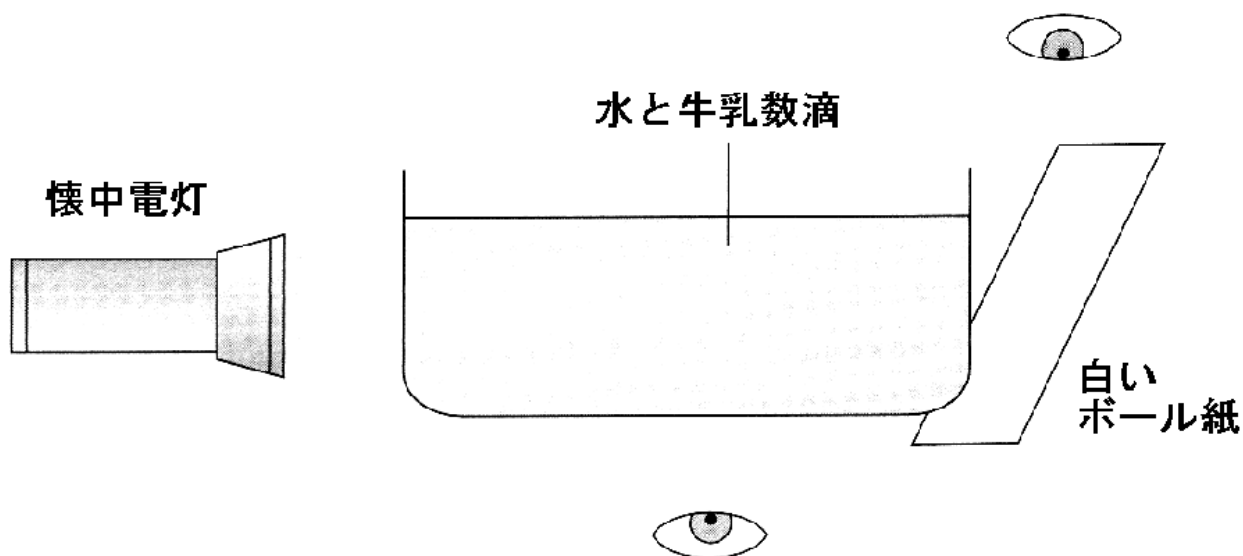
- ガラス製の 2L ビンまたは容器
- 強力な懐中電灯またはプロジェクター
- 牛乳(脱脂粉乳でもよい)
- 白い厚紙

### 注意

プロジェクターからの光線は絶対に見てはいけない。水槽を通った光を見るには、白い厚紙を使うこと。

### 手順

- ① ビンに水を入れる。
- ② ビンを懐中電灯またはプロジェクターで照らす。
- ③ 少量の牛乳を一度に入れ、液体を通して光線が容器の端まで見えるだけになるまでゆっくりとかき混ぜる。
- ④ 懐中電灯の光を容器の端から観察する。また、容器の横からも観察する。
- ⑤ 容器の端の光線が当たる位置に厚紙をおくと、生徒にも色が見えやすい。部屋は暗くするほうがよい。





## 課題

- ① 容器の端から観察すると、光線は何色に見えるか。
- ② 容器の横から観察すると、光線は何色に見えるか。
- ③ 観察をふまえると、空が青いのはなぜだと思うか。
- ④ 日の出や日の入りのときに空が赤やオレンジ色なのはなぜだと思うか。

## 説明

容器の横から見ると、光は青みがかった白色に見える。容器の端から見ると、黄色からオレンジ色に見える。日光は、様々な色（赤、橙、黄、緑、青、藍、紫）の光が集まった白色光である。光は電磁波であり、それぞれの色は振動数と波長が異なる。

光は地球大気中の気体分子に当たって散乱する。青色の光は波長が短く、赤色の光より散乱しやすい。したがって、空から私たちの目に届く光は青色の光が多い。日の出や日の入りのとき、日光は私たちの目に届くまでに非常に長い距離を通過する。青色の光は散乱によってなくなってしまうので、私たちは白色光から青色が抜けた光、すなわち赤い色を見ることになる。

## 発展学習

容器に沿うようにして目の位置を動かしてみよう。少しずつ色が変わることに気づくだろうか。

たくさん穴をあけた厚紙を使って、より鋭い光線を作ってみよう。

光の通り道に偏光板をおいたときに、どうなるか調べよう。

太陽からの紫外線には何が起きているのだろうか。

## 資料

暗くした部屋の横から見ると、プロジェクターからの光線は青色に見える。これは、光が空気中の煙やホコリによって散乱されるからである。

## メモ

## 15. 氷に閉じ込められた空気

極地域に雪が降る場合、ときどき空気が入った空間が作られることがある。最終的に雪が氷になると、空気はその中に捕らえられる。深いところにある氷ほど、古い空気を含んでいる。科学者たちは氷柱を抜き取って、その中の空気を分析することにより、30 万年以上前の地球大気がどのようなものであったか、確かめようとしている。

氷に閉じ込められた空気について考える。

### 準備

- 氷
- 虫眼鏡
- 水
- フタ付きのプラスチック容器（アイスクリーム容器など）

### 手順

- ① 虫眼鏡で氷を念入りに観察する。
- ② 氷の上に、洗剤を一滴落とす。
- ③ プラスチック容器にお湯を用意する。
- ④ フタの上に氷をおいて、氷が溶けるのを観察する。

### 課題

- ① 虫眼鏡で氷を観察した様子を描きなさい。
- ② 氷が溶けていくときに観察した様子を説明しなさい。
- ③ 氷の中に入っていた空気を、教室の空気と混ざらないように取り出すにはどうしたらいいか。

### 発展学習

科学者たちが様々な深さの氷の中に捕らえられている空気の年代を知る方法を考えてみよう。

### 資料

1989 年から 1993 年までの間、アメリカとヨーロッパの科学者たちは、大気の歴史上の変化について調べるためにグリーンランドの氷床を 3km 以上も掘り出した。

---

### メモ



## 16. 暖まりやすいのはどっち？

材質による太陽エネルギーの吸収がどれほど異なるかを理解する。

### 準備

- 机上ランプ(読書用のものか 100W の電球)
- スタンドとクランプ
- 浅いボウルまたは容器 2 個
- 乾いた砂または土
- 温度計 2 本

### 注意

熱くなった電球を触らないように注意する。

### 手順

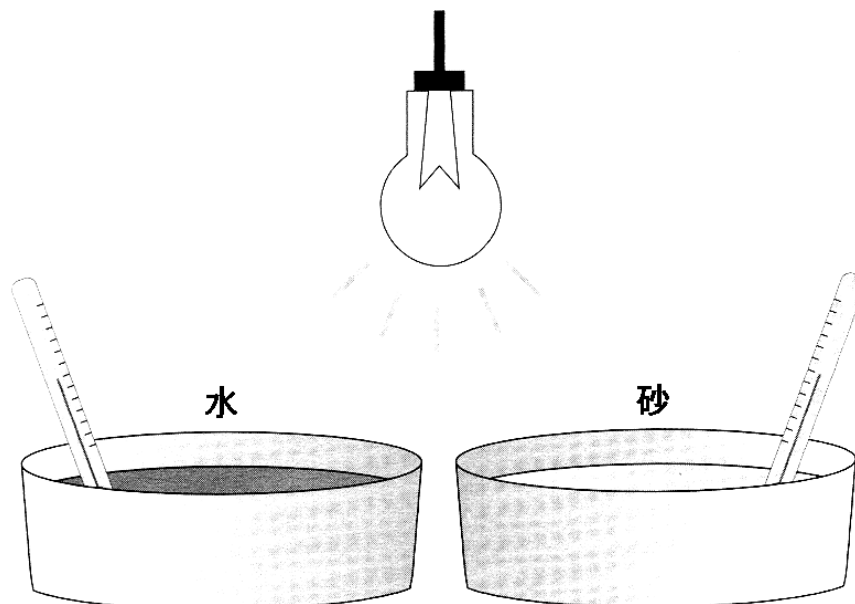
- ① ボウル一つに 2cm ぐらいの深さまで水を入れる。
- ② もう一つのボウルに、同じ深さまで乾いた砂を入れる。
- ③ 両方のボウルに、温度計を差し込む。このとき、温度計の水銀溜まりを表面より下に埋める。
- ④ ボウルを並べて置き、電球をボウルより約 5cm 高いところに吊り下げる。
- ⑤ 実験中のデータを書き込む表を作成する。
- ⑥ 電灯をつける前に、それぞれのボウルの温度を記録する。
- ⑦ 電灯をつける。5 分間放置する。その後、それぞれのボウルの温度を 1 分ごとに記録する。
- ⑧ 5 分後に電気を消す。そして、1 分ごとにボウルの温度を記録することを、さらに 5 分間続ける。
- ⑨ それぞれのボウルの温度変化を、グラフにする。両方のボウルの温度は 1 枚のグラフに作図する。

時間(分)	0	1	2	3	4	5
水温						
砂の温度						
時間(分)	6	7	8	9	10	
水温						
砂の温度						

### 課題

- ① 暖めている間に温度がより上昇したのは、水の中だろうか、砂の中だろうか。

- ② 砂の中の温度と水の中の温度は、それぞれどう変化したか。
- ③ 日中、はやく暖まるのは、水（湖や海など）と陸地のどちらだろうか。日が暮れたとき、はやく冷やされるのは水と陸地のどちらだろうか。
- ④ 暑い午後、温度が高いのは海の上の空気と陸地の上の空気のどちらだろうか。
- ⑤ 作成したグラフを使って、砂の中および水の中が最初の温度まで冷やされるのに、どのくらいの時間がかかるか考えなさい。



## 説明

天気現象の多くは、太陽エネルギーの吸収量が水と陸地とで異なるために生じる。

物質が異なると、熱を吸収する速度も異なる。色が違うだけでも、熱の吸収量は異なる。たとえば、同じ材質でできていても、明るい色よりも黒いものの方が太陽ではやくに暖められる。

たとえば、氷と雪は太陽エネルギーの大部分を反射し、大気中へ戻してしまう。それに対して土や砂は太陽エネルギーの大部分を吸収する。

## 発展学習

土を用いて、実験してみよう。砂に比べて、温度はどのように変化するだろうか。もしも違いがあるとしたら、どういう理由だろうか。

水の入ったボウルを、測定を行う 10 分間ゆっくりとかき混ぜ続けながら実験してみよう。かき混ぜることで、温度はどのように変化するだろうか。もしも違いがあるとしたら、どういう理由だろうか。

暑い国に住んでいる人々は、なぜ明るい色の服を好んで着るのだろうか。また、寒い日には暗い色の服を着るほうがいいだろうか。

## 17. 湿度を測ろう！

湿度の測定方法を理解して、屋内と屋外の湿度の違いを調べる。

### 準備

- 温度計 2 個
- ガーゼ
- 輪ゴム

### 注意

温度計は注意して取り扱うこと。もし温度計が壊れても、生徒に片付けさせてはいけない。壊れたときは、手袋をはめ小型のホウキとチリトリを使い、水銀クリーニング・セットを用いるか、硫黄を水銀に撒いてから片付けなさい。水銀は有害金属であるため、手で触ってはいけない。

### 手順

- ① 温度計の水銀溜まりの周りをガーゼで包む。そして、輪ゴムで固定する。
- ② ガーゼで包んだ部分を、水に浸す。
- ③ 温度計が最低値になるまで、温度計の湿った部分をゆっくりとあおぐ。
- ④ 湿球温度計と乾球温度計の値を比較する。
- ⑤ 両方の値の差を記録する。
- ⑥ 湿度表から相対湿度を読み取る。表の左端の数値は乾球温度計の温度を、上端の数値は湿球温度計と乾球温度計の温度差(単位:°C)を示している。行と列の交差したところの数値が湿度(%)である。たとえば、乾球温度計が 20°Cで、湿球温度計のほうが 5.5°C低いとき、湿度は 55%である。
- ⑦ この測定を、校庭など別の場所でも行う。

### 課題

- ① 湿球温度計が乾球温度計よりも低い温度を示すのはなぜだろうか。
- ② 湿度が高いとき、湿球温度計と乾球温度計の温度差は大きいだろうか、小さいだろうか。

### 説明

湿度は空気中の水蒸気量を示すものである。気温 20°Cのとき、1m<sup>3</sup>の空気中には 17g まで水蒸気を含むことができる。20°Cのときに 1m<sup>3</sup>あたり 8.5g しか水蒸気が含まれていない場合、相対湿度は 50%となる。

湿度は、私たちの感じる快適度に大きく影響する。高温かつ湿度が高いときは、とても不快に感じる。直射日光にさらされながら運動することも、熱による疲れが増す。



## 発展学習

湿度と天候はどう関係しているのだろうか。

湿度を測るために羊毛を使う実験を考えよう。羊毛を用いて自分で測った湿度と、気象学的方法で測った湿度とを比較して、実験結果を評価しよう。

## 資料

牛が横になる、蛙やカタツムリが増える、羊毛が膨らんでまっすぐになる、松かさのひだがやわらかくなる、髪の毛が長くなる、などは、湿度が高いことのしるしである。

乾球と湿球との差 (°C)																					
乾球 (°C)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
40	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	71	68	66	63	60	58	56	53	51	49	47
39	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	70	67	65	62	59	57	55	52	50	48	46
38	100	97	94	91	88	84	81	78	75	72	70	67	65	62	59	56	54	51	49	47	45
37	100	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	58	56	54	51	49	46	44
36	100	97	93	90	87	83	80	77	74	71	69	66	64	61	58	55	53	50	48	45	43
35	100	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	65	63	60	57	54	52	49	47	44	42
34	100	97	93	90	87	83	80	77	74	70	67	64	62	59	56	53	51	48	46	43	41
33	100	97	93	90	86	83	79	76	73	70	67	64	61	58	55	52	50	47	45	42	40
32	100	96	92	89	86	82	79	76	73	69	66	63	61	58	55	52	49	46	43	41	38
31	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	42	40	37
30	100	96	92	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47	44	41	39	36
29	100	96	92	89	85	82	78	74	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37	34
28	100	96	92	89	85	81	77	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	41	38	36	33
27	100	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	59	56	53	49	46	43	40	37	34	31
26	100	96	92	88	84	80	76	73	69	66	62	58	55	52	48	45	42	38	35	33	30
25	100	96	92	88	84	80	76	72	68	65	61	57	54	51	47	44	41	37	34	31	28
24	100	96	92	88	83	79	75	71	67	64	60	56	53	50	46	42	39	35	32	29	26
23	100	96	92	87	83	79	74	70	66	63	59	55	52	48	44	41	37	34	30	27	24
22	100	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50	47	43	39	36	32	29	25	22
21	100	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	45	41	38	34	31	27	23	20
20	100	95	91	86	81	77	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	29	25	21	18
19	100	95	91	86	80	76	71	67	63	59	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18	15
18	100	95	90	85	80	75	70	66	62	57	53	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12
17	100	94	90	85	79	75	70	65	60	56	51	47	43	38	34	29	25	21	17	13	10
16	100	94	89	84	79	74	69	64	59	54	50	45	41	36	32	27	23	19	15	11	7
15	100	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	43	39	34	30	25	21	16	12	8	4
14	100	94	89	83	77	72	67	62	56	51	46	41	37	31	27	22	18				
13	100	94	88	82	76	71	66	60	55	49	44	39	34	29	24	19	15				
12	100	93	88	82	76	70	64	59	53	48	42	36	32	26	21	16	11				
11	100	93	87	81	75	69	63	57	52	46	40	34	29	24	18	13	8				
10	100	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	32	27	21	15	10	5				
9	100	93	86	79	73	67	60	54	48	41	35	29	23	17							
8	100	93	86	78	72	65	58	52	45	39	32	26	20	13							
7	100	92	85	78	70	64	57	50	43	36	30	22	16	10							
6	100	92	85	77	69	62	55	48	40	34	27	19	13	6							
5	100	92	84	76	68	61	53	46	38	31	24	16	9	2							
4	100	92	83	75	66	59	50	43	35	27	20										
3	100	91	82	74	65	57	48	40	31	23	16										
2	100	91	82	72	63	54	45	37	28	20	11										
1	100	90	81	71	62	52	43	34	24	16	7										
0	100	90	80	70	60	50	40	31	21	12	3										
-1	100	89	79	68	57	47	36	27													
-2	100	89	77	66	55	44	33	22													
-3	100	88	76	64	52	40	29	18													
-4	100	88	74	62	50	37	26	13													
-5	100	87	73	60	47	34	22	9													
-6	100	86	71	57	43	29															
-7	100	85	69	54	40	25															
-8	100	84	68	52	36	20															
-9	100	83	66	49	33	16															
-10	100	82	64	46	29	11															

## メモ

リテラシーとしての気象教育プロジェクト



## 18. 暖める雲と冷やす雲

雲が地球表面の温度に与える影響を理解する。

### 準備

- 温度計
- 雲の分類表

### 手順

建物から離れた日陰で、地上より 1m の高さのところに温度計を置いて、晴れの日や曇りの日の温度を数週間測る。温度を測ったときには、温度とともに測定日時も記録する。日中、夜間の 2 回、測定を行うとよい。

雲の分類表(様々な雲型の写真)を用いて、観察された雲の型を記録する。雲量も記録する。簡単な方法としては、空を 8 つの部分に分けて算出する。たとえば、空の半分を雲が覆っていた場合、雲量を 4/8 とする。雲が空の一部分しか占めていない場合、1/8 とする。下の表のように結果を記録するとよい。

日付	時刻	気温	雲形	雲量

### 課題

- ① 地上気温に対して雲がどんな影響を及ぼすか分かるかどうか、自分のデータを調べなさい。
- ② 地上気温を上昇させると思われる雲の型はあるだろうか。あるとすると、どんなものであるか。
- ③ 地上気温を低下させると思われる雲の型はあるだろうか。あるとすると、どんなものであるか。

### 説明

雲には、高さ、形、色によって名前がついている。2km 以下の低層雲、2~7km の中層雲、7km 以上の高層雲である。また、大気中を鉛直方向に発達する雲も見られる。上空の空気は非常に冷たいので、高層雲は通常、微小な氷晶からできている。

巻雲は高いところに行ける、白くて羽のような雲である。氷晶でできており、雨をもたらすことはない。

羊のようなモコモコした雲は積雲である。小さくて、低層に行けることもある。雷雨に伴って現れる場合は、15km の高さに達することもある。鉛直方向に発達したものを積乱雲と呼び、積乱雲は雨をもたらすことが多い。



層雲は低層にできる灰色の雲である。空気があまり動かないときには、霧雨が降ってきたりする。

一般的には、高層の雲が地表面を暖め、低層の雲が冷却する効果をもっている。

---

## メモ





## 19. エル・ニーニョ現象と降水量

エルニーニョ現象と降水量の関係を理解する。

はっきりした原因はまだ解明されていないが、アメリカ付近の太平洋が暖かいことがある。海流と風が通常と異なるためである。一方、オーストラリア北東部の海洋は冷たい。これが、エル・ニーニョ現象である。

次の表は 1947 年から 1992 年までの間のエル・ニーニョ現象に関する情報と降水量を示したものである。

“SOI(southern oscillation index, 南方振動指数)”とは、エル・ニーニョ現象が現れているかどうか、そしてどれほど強いものなのかを評価するために科学者が用いる数値である。SOI が負の値であると、エル・ニーニョである。そして、SOI が小さい値であるほど、エル・ニーニョ現象が強い。SOI が正の値であると、その年はエル・ニーニョ現象が起こっていなかったことを意味する。

表にある降水量の列は、北ビクトリアにある Canary Island における年間総降水量を示している。実際には、これは島ではなく Kerang の南約 30km, Bendigo の北約 90km にある場所である。

年	SOI	降水量 (mm)	年	SOI	降水量 (mm)
1947	2.3	382	1970	3.9	406
1948	-1.2	286	1971	11.0	535
1949	-1.1	331	1972	-7.4	268
1950	15.4	493	1973	7.3	812
1951	-0.7	380	1974	9.9	598
1952	-2.3	438	1975	13.6	441
1953	-6.8	360	1976	1.1	269
1954	4.1	381	1977	-9.9	231
1955	10.6	549	1978	-1.7	471
1956	10.7	635	1979	-1.9	369
1957	-3.9	289	1980	-3.1	328
1958	-3.2	481	1981	1.8	400
1959	0.0	283	1982	-13.1	123
1960	3.8	568	1983	-8.3	527
1961	0.8	381	1984	-0.1	336
1962	5.4	383	1985	0.9	395
1963	-2.0	431	1986	-2.4	379
1964	6.3	465	1987	-13.1	366
1965	-8.4	335	1988	7.8	445
1966	-4.2	400	1989	6.8	488
1967	3.2	156	1990	-2.2	278
1968	3.0	430	1991	-8.8	321
1969	-5.4	443	1992	-10.4	544

### 課題

- ① SOI が-5 未満であった年は何回あるか。
- ② SOI が-5 未満であった年の降水量を書き出さない。
- ③ SOI が-5 未満であった年の降水量の平均値を計算しなさい。この値が、エル・ニーニョ現象としての気象教育プロジェクト



ニョ現象が起こった年の平均降水量である。

- ④ SOI が 5 より大きかった年は何回あるか。
- ⑤ SOI が 5 より大きかった年の降水量を書き出さない。
- ⑥ SOI が 5 より大きかった年の降水量の平均値を計算しなさい。
- ⑦ ③～⑥までの答えから、Canary Island の降水量に対してエル・ニーニョ現象はどんな影響を与えていると思うか。

## 説明

SOI(南方振動指数)とは、タヒチとダーウィンとの気圧差であると定義されている。2地点間の気圧差は変動するが、通常はタヒチのほうがダーウィンより高い。しかしエル・ニーニョ現象が起こっているときには逆の状態となり、SOI は負の値をとる。

エル・ニーニョ現象の影響は通常とても広い範囲に見られ、オーストラリア東部全体の降水量に影響を及ぼす。

エル・ニーニョ現象に関する情報を得たい場合は、次のホームページが参考になる。  
([http://www.nws.mbay.net/el\\_nino.html](http://www.nws.mbay.net/el_nino.html))

## 発展学習

SOI の値から、降水量を予測することはできるだろうか。もしできると思うならば、予測値をどうやって作るか。

表にある降水量の値と SOI の値を用いてグラフを作成し、SOI と降水量の関係について考えよう。

---

## メモ

## 20. 大気の高さはどれくらい？

1025 年に、アルハーゼン(965-1039)というアラビアの科学者が簡単な観察によって、大気がどれほどの高さまで伸びるのか調べた。もちろん、実際には大気に上端はないのだが、アルハーゼンはそれを知らなかった。

生徒たちに、11 世紀に手に入った道具だけを使って大気の高さをどうやって決めたのか、考えさせてみよう。アルハーゼンが用いた方法を考える手がかりは、薄暮の平均的な長さ(太陽が沈んでから真っ暗になるまでにかかる平均時間)を元に予測したということである。

### 説明

アルハーゼンの測定によると、薄暮の平均時間は 36 分である。この間、地球は  $9^\circ$  回転している。(  $9^\circ$  とは、 $((36/60)/24) \times 360 = 9$  から求めた。 )

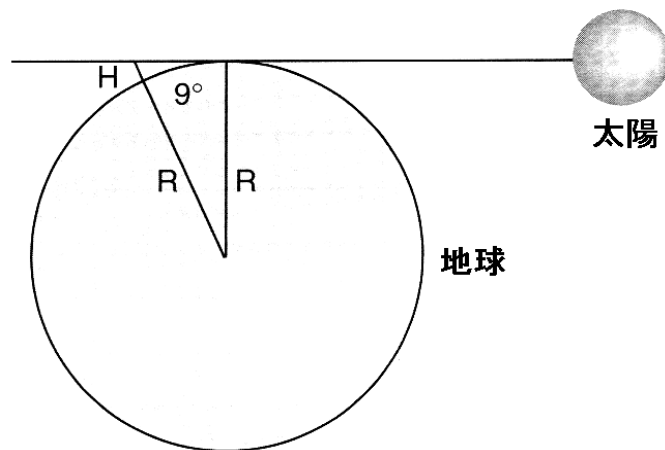
そして、三角関数を用いて計算を行う。

$$\cos 9^\circ = R/(R+H)$$

ここで、R:地球の半径としてアルハーゼンが用いた値で、6115km とした。

$$\begin{aligned} H &= R(1 - \cos 9^\circ) / \cos 9^\circ \\ &= 6115(1 - 0.988) / 0.988 \\ &= 74.3 \text{ km} \end{aligned}$$

大気には上端がないけれども、地表より約 70km 上空の大気密度は、地表のおよそ 1 万分の 1 であり、アルハーゼンが計算した高さは合理的であると言える。



### 発展学習

アルハーゼンは、地球の半径として、紀元前 330 年にギリシアの哲学者であるエラトステネスが計算した値を使った。エラトステネスがどうやって地球の半径を計算したのか考えよう。

エラトステネスの見積もった地球の半径と、実際の地球の半径を比較してみよう。

## 21. 氷河が溶けたらどうなる？

地球上の氷床が完全に溶けることがありうるかどうか、わからない。しかし、もしとけるとしたら、いったい海面はどれくらい上昇するだろうか。

### 準備

- 電卓またはパソコン
- 氷と水
- ガラス容器
- マーカー

### 背景

南極大陸とグリーンランドの氷床は氷河の大部分を占める。この氷河は陸上にあるため、もしも氷河が溶けた場合には水が海洋に流れ込み、海面が上昇する。北極地方の流氷のように氷河が流れるなら、溶けたとしても海面高さは変わらない。

南極大陸の面積は 1197 万  $\text{km}^2$  で、厚さは平均して 2.45km である。グリーンランドの氷床は面積 174 万  $\text{km}^2$ 、平均厚さ 1.50km である。

世界の海洋の全表面積は、3 億 6100 万  $\text{km}^2$  である。

### 手順

- ① ガラス容器に水を半分入れてから、氷を二つ入れる。容器の外側の壁面に、水面の高さの印をつける。そして、氷が溶けるまで容器を置いておく。
- ② 南極大陸とグリーンランドの氷床の体積を、底面積と平均の厚さを用いて求める。
- ③ 南極大陸とグリーンランドの氷床が溶けた場合の水の体積を計算する。そのためには、氷と水の密度の違いを考える必要がある。密度が違うからこそ、氷は水の上に浮いていられるのである。氷の密度は水の約 0.9 倍である。よって、南極大陸とグリーンランドの氷床の体積に 0.9 をかければ求められる。
- ④ ここまでで、南極大陸とグリーンランドの氷床が溶けた場合に放出される水の体積がわかった。この水は、地球上の海洋全体に広がるとする。そこで、③で求めた水の体積を、海洋の表面積(3 億 6100 万  $\text{km}^2$ )で割る。

### 課題

- ① ガラス容器の中の氷が溶けたあと、水の高さはどうなったか。観察した結果を説明する。
- ② もしも南極大陸の氷床が溶けたならば、海面の高さはどれくらい上昇するだろうか。もしもグリーンランドの氷床が溶けたならば、海面の高さはどれくらい上昇するだろうか。もしも両方の氷床が溶けたならば、海面の高さはどれくらい上昇するだろうか。



- ③ 自分が行った計算のうち、不確実なところを挙げてみよう。南極大陸とグリーンランドの氷床が溶けた場合の海面の高さに影響を及ぼす、別の要因があるだろうか。

## 説明

どんな科学者でも、南極大陸とグリーンランドの氷床が、予測可能な範囲内の将来に、溶けることがあるどうか分からない。しかし、太平洋上の島々のような低地では、海面がほんの少し上昇しただけでも、非常に大きな影響があると考えられる。

地球温暖化に伴う海面上昇は、陸上の氷が溶けることと、海洋の水の膨張の両方によって引き起こされる。水は他の物質と同じく、暖まると膨張する。

## 発展学習

次世紀に海面がどれほど上昇すると科学者たちが考えているのか調べてみよう。海面が上昇した場合、どんな影響があるだろうか。

## 資料

1万8千年前の最後の氷河時代の全盛期には、氷床は地球の陸地の3分の1を覆っていた。大量の水が氷となって固まっていたため、海面は現在よりもはるかに低かった。このころは、日本と大陸がつながっていた。

---

## メモ



## 22. オゾン量の変化

オゾン層の年変動を調べて、地球環境問題に関する理解を深める。

### 背景

我々の住んでいる地上からはるか上空には、成層圏と呼ばれる大気層があり、オゾンが存在している。この気体は、酸素原子 3 つが結合して一つ一つの分子を形成しており、分子式で書くと  $O_3$  である。なお、酸素の分子式は  $O_2$  である。『オゾン層』は、太陽から降りそそぐ有害な紫外線を吸収する役割を果たしている。

科学者たちは、紫外線が地表面に到達する量を測定することによって、オゾン層の厚さを測定している。測定にはドブソンのオゾン分光測光器を用い、オゾン層の厚さはオゾン量として、ドブソン単位で表す。数字が大きいほど、オゾン層が厚いことを意味する。

下の表は英国南極観測隊によって南極大陸のハレー測候所で測定したオゾン量を、ドブソン単位で示したものである。

表 1. オゾン量の年平均値(ドブソン単位)

年	平均オゾン量	年	平均オゾン量	年	平均オゾン量
1956	318	1970	307	1984	260
1957	312	1971	314	1985	247
1958	333	1972	306	1986	272
1959	309	1973	292	1987	235
1960	318	1974	301	1988	270
1961	312	1975	298	1989	246
1962	327	1976	300	1990	231
1963	319	1977	302	1991	239
1964	320	1978	301	1992	233
1965	295	1979	303	1993	225
1966	304	1980	280	1994	232
1967	310	1981	278	1995	210
1968	302	1982	276	1996	216
1969	286	1983	270		

表 2. 各年のオゾン量月間値(ドブソン単位)

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	年
1957	301	284	320	394	347	332	301	280	256	312
1967	-	-	313	357	333	318	285	289	279	310
1977	290	239	251	332	360	310	305	282	253	302
1987	254	182	150	188	287	286	264	271	265	235
1992	185	152	147	206	270	284	275	277	256	233
1996	172	155	149	181	260	278	265	245	242	216

### 手順

- ① 表 1 をもとに縦軸にオゾン量を、横軸に年をとってグラフを作成する。
- ② 表 2 をもとに縦軸にオゾン量を、横軸に月をとって、各年ごとにグラフを作成する。  
このとき、各年ごとに色を変える。



## 課題

- ① 手順①で作成したグラフより、1956年から1996年までの期間にオゾン層の厚さはどうなったか。
- ② 手順②で作成したグラフより、1957年から1967年の期間のオゾン量と近年のオゾン量を比較して、どんな違いが見られるか。
- ③ グラフより、毎年南極にオゾンホールができるのはどんな時期か。

## 説明

1970年代後半より、オゾン層は破壊されてきた。そのため、地球表面に届く太陽の有害紫外線量は、以前よりも多くなった。有害紫外線は、皮膚ガンや目の病気を引き起こす。

オゾン層は、フロンガス(CFC、クロロフルオロカーボン)によって破壊される。フロンガスはプラスチック、ック工業で電子回路板の洗浄に使われていた。また、冷媒、スプレー缶などにも以前は使用されていた。消火剤として用いられていたハロンも、同様にオゾン層を破壊する化学物質である。

オゾンの減少は、地球上の多くの地域で発生している。南極におけるオゾンの減少(オゾンホールと呼ばれる)は、春にピークを迎える。フロンガスから放出された塩素がオゾン分子を壊す化学反応は、日射によって活性化するからである。このような化学反応は、南極大陸上空の、非常に寒冷で高いところにある氷晶の表面で起こる。

## 資料

オゾン層の厚さはドブソン単位で表す。ドブソン単位で表されたオゾン量を100で割ると、成層圏内のオゾン量を全部地表面(0°C, 1気圧)に集めた場合の厚さ(mm)になる。たとえば、1996年8月のオゾン層内のオゾン量を地表面に集めた場合、オゾンだけでできる層の厚さは1.72mmにしかない。

## メモ

## 用語集

### 圧力

単位面積あたりにかかる力。

### 渦

水槽の栓を抜いたときの水の流れるような回転した流れ。水あるいは空気の回転したかたまり。

### 雲

大気中の水蒸気が凝縮してできる水滴。水滴が凍結してできた氷晶の集まり。

### エル・ニーニョ現象

赤道太平洋上の大気・海洋循環パターンの変化のことで、オーストラリアに干ばつをもたらすことが多い。

### オゾン

$O_3$  の分子式で表される化合物。オゾン層は、太陽からの有害紫外線を除去する働きをもつ。

### 温度計

温度を測る道具。

### 風

空気の動き。

### 寒冷前線

暖かい気団に冷たい気団が進んできたときにできる、地表高さの境界。

### 気圧計

空気の圧力を測る道具。

### 気相析出(昇華)

気体から固体になること。

### 凝縮(凝結)

気体から液体に変化すること。

### 凝固(凍結)

液体から固体に変化すること。

### 霧

地表面付近にできる微小水滴の集まり。



天気と大気の実験

## 空気

大気を構成する気体と粒子の混合物。

## 巻雲

高層にできる、かすかに見える羽毛状の雲。

## 酸素

体積換算で 21% を占める、空気に二番目に多く含まれる気体。

## 紫外線

波長が可視光より短く、X 線より長い放射線。

## 湿度

空気中の水蒸気量の尺度。

## 霜

空気が氷点またはそれ以下の温度まで冷やされたときの、空気中の水蒸気が地面や物に気相析出(昇華)した氷の結晶。

## 収縮

大きさが縮まること。

## 昇華

固体から気体なること。または、気体から固体になること(気相析出)。

## 蒸気

気体。

## 蒸発

液体から気体に変化すること。

## 成層圏

地上 10km～50km の高さの大気層。

## 積雲

羊のようなモコモコした雲で、雨を降らせることもある。

## 積乱雲

垂直に発達する、暗く厚い雲で、雨を降らせることも多い。

## 旋風

いきおいよく回転した小さな空気柱。

## 層雲

層状に広がる低層雲。

天気と大気の実験

## 大気

地球の周りの空気.

## 竜巻(トルネード, ツイスター)

中央の風速が非常に速い空気の渦.

## 窒素

体積換算で 78%を占める, 空気に最も多く含まれる気体

## 露

空気が冷やされ, 空気中の水蒸気が地表や物に凝縮して付着した水滴.

## 等圧線

天気図上で, 気圧が等しい地点を結んだ線.

## 凍結(凝固)

液体から固体になること.

## 南方振動指数

エル・ニーニョ現象の出現および強さを評価する尺度.

## 熱帯低気圧

熱帯で発生した、激しい嵐をもたらす気圧の低い領域.

## 百葉箱

気象測器類を入れ, 外的要因から守る役割を果たす白い木箱.

## ビューフォート風力表

風速を評価するために, 風による影響の状況を階級別に分類したもの.

## 風速計

風速を測る道具.

## フロンガス(CFC, クロロフルオロカーボン)

高層大気中にあるオゾンを破壊する作用を持つ塩素原子を放出する化学物質.

## 膨張

大きさがふくらむこと.

## ☆「リテラシーとしての気象教育プロジェクト」☆

科学的リテラシーとは「個人的意志決定及び市民社会や文化の問題への関与、経済的な生産性に要求される科学的な概念と方法に関する関与、経済的な生産性に要求される科学的な概念と方法に関する知識と理解」（米国科学教育基準）と定義されている。近年、地球温暖化や砂漠化、オゾン層の破壊、酸性雨などが顕在化し、大きな社会問題となっているのは衆知の通りである。大気をグローバルな生活環境として、いやが上にも意識せざるを得なくなっている。また、コンピュータやインターネットの急速な進歩・普及に伴い、気象衛星・気象レーダ・アメダスからの高度な気象情報が日常化している。現代人のリテラシーとして、日常生活と結び付いた気象学は極めて重要なものとなっている。しかし、学校教育現場などで十分に扱われているとは言い難い実情がある。

本プロジェクトでは、現代人のリテラシーとしての気象学の普及・啓蒙を図るべく、教員向けワークショップ・中学生向けサイエンスキャンプの実施及び関連図書の出版などを行っている。

坪田幸政  
桜美林大学自然科学系

高橋庸哉  
北海道教育大学札幌校

---

2013年5月25日 発行

発行 リテラシーとしての気象教育プロジェクト  
桜美林大学自然科学系  
〒194-0294 東京都町田市常盤町 3758  
TEL: 042-797-8563  
北海道教育大学札幌校  
〒002-8502 札幌市北区あいの里 5-3  
TEL: 011-778-0293

---

(本テキストの内容を無断で転載することはできません。)

