

基礎7 太陽放射の測定 指導資料

1 目的

この実験では太陽放射による地表面の受熱量が緯度によって異なることを理解させることが、第一の目的である。屋外で実施することにより、太陽放射のエネルギーを実感させたい。また、エネルギーを定量的に求めることから、地球大気による吸収などにも気づかせたい。

2 準備するもの

簡易日射計、精密はかり

(簡易日射計が複数台あれば、同量の水を入れて、垂直にあてる実験と45°傾けた実験を同時に行った方がよいデータがとれるので、それぞれを計る2つのグループに分けて実習をやってもよい)

3 実習の所要時間 50分

4 指導上の留意点

(1) 簡易日射計の傾斜

器具の側面に傾斜計とピンが付属しているのでこれを利用する。ただし、この作業の理解には手間がかかるので、あらかじめ受光面脇のスポンジ部にピンを垂直に刺し、ピンの長さと同じ長さのゲージ(図1)を貼り付けておくとよい。生徒にはピンの影とゲージを一致させ、45°を出させる。垂直時には生徒用プリントに書いてあるように、影が出ないようにする。

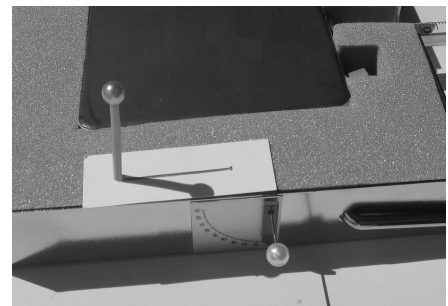


図1 同倍ゲージ

太陽に対して45°の傾斜をとったとき、投影面積は√2分の1なので受熱量は0.71倍になる。緯度の差による受熱量の差を意識させたいので器具の設置に関しては注意する。

(2) 水と時間

この装置(ナリカ J46-3051)の場合、水の容量は45.8g、容器は銅製で37.8gであった。容器も暖めるので、この容器が水何グラムに相当するかという概念(水当量という、質量と比熱の積)が必要になる。 $37.8 \times 0.385 / 4.18 = 3.48$ (g) となり、全体で $45.8 + 3.5 = 49.3$ (g) の水を温めることになる。今回の実習では生徒に提示するだけで細かい説明は必要ない。

測定する水の温度は気温よりもやや低いことが大切である。数°Cでも気温より高くなると、周囲の空気に対流が生じて熱が逃げやすい。そのため、測定は10分以内でよい。測定時間を長くすると同じ理由で温度上昇が鈍くなる。そのため、グラフを読むときは最初と最後の部分を除いた途中の直線部を用いる。

製品の受光部の面積は 36cm^2 (0.0036m^2) なので、300秒(5分)が計算にはちょうどよい。

5 解答・解説

●結果

資料の図2を使って例を示す。

グラフから5分間(300秒)の温度上昇は垂直の場合

5.3°C、斜め45°の場合は3.6°Cなので、

$$q = \frac{(45.8 + 3.5) \times 4.2 \times 5.3}{300 \times 0.0036} = 1020 \quad [W/m^2]$$

$$q' = \frac{(45.8 + 3.5) \times 4.2 \times 3.6}{300 \times 0.0036} = 690 \quad [W/m^2]$$

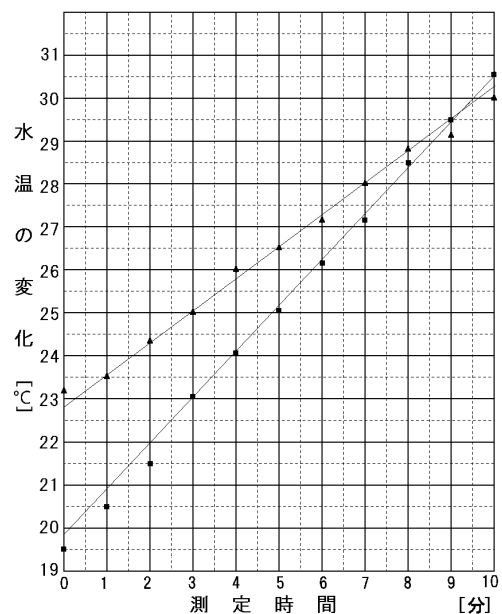


図2 実習例

●考察

- (1) $690/1020 \times 100 = 68\%$
(2) $\cos 45^\circ \times 100 = 71\%$

※ 光の入射角は受光面の垂線となす角度を指す。

- (3) 大気中の成分によって吸収・散乱されるから。
(4) 雪氷のある高緯度地方・高山、海水の浮かぶ海、雲など

●解説

太陽定数は、太陽が天頂にあり、その光が受光面に垂直にあたり、なおかつ大気の吸収を受けない時の平均値である。日本では夏至の日でも太陽は天頂にはこない。太陽エネルギーを受ける面が太陽光と垂直になっていない場合は、鉛直方向となす角度(θ)、つまり $\cos \theta$ で測定値は減少する。図3のように薄い灰色の面が地表面、濃い灰色の面が投影面積である。地表面の面積は同じでも投影面積が小さくなるためエネルギーを得られない。考察(1)・(2)はそれを確認するためのものである。

しかし一方で、測定時の太陽が天頂になかった場合は、天頂からの角度(天頂距離とよぶ Z)によって、 $1/\cos Z$ の値にもよって大気量が増大するため、測定値はさらに減少する。

さらに、大気量が同じであっても、大気内のほこり、水蒸気量などは観測地によって異なるため、測定たびにその量(大気吸収係数 a)を推定、補正しなくてはならない。図4は $1/\cos Z$ 、および a を測定し、ある観測日の大気量による減光を求めた一例である。

理科年表のデータでは、つくば(館野)での直達日射量瞬間値(12時)の月別平年値は $0.80 \sim 0.87 \text{ kW/m}^2$ と変化する。大きな値になるのは1月・2月で、大気が乾燥していて吸収・散乱が少なかったことと、近日点通過のためと考えられる。

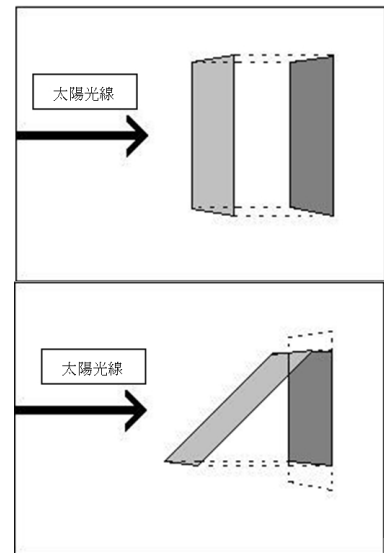


図3 太陽光に対する投影面積
上:赤道, 下:緯度 45°

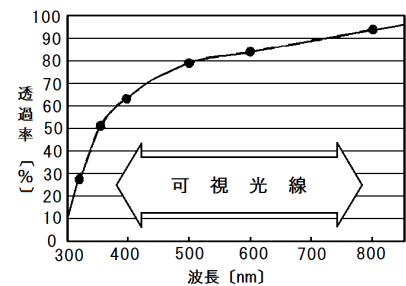


図4 大気の波長別の透過率
(理科年表をもとに作図)

6 中学校までの既習事項

地球の自転軸が傾いていることによって、一年間の太陽高度に変化がある。それによって受熱量が変わり、四季の変化が起こる。この実習と同様な実験も行っているが定性的なものである。太陽定数は出てこないが、太陽のエネルギーは一定であるとしている。

7 実習間のつながり

太陽からの放射エネルギーによって、地球の気象現象は起こっている。地表面の比熱の違いによって生じる海陸風、季節風などが本実習に関係する。

8 補足

太陽が出ていない場合には、太陽の代わりに500Wクラスのハロゲンライト等を用いて、室内で実験を行うこともできる。その場合には、放射温度計(図5)を使って、表面の温度を測るとよい。



図5 放射温度計

器具の入手(例)

- ・「太陽放射のエネルギー測定器」 (ナリカ J46-3051 ¥9,800)
- ・「簡易日射計」(島津理化 RS-10 ¥13,000)
- ・「赤外線放射温度計」 (佐藤計量器製作所 PC-8700 II ¥9,500)