

青空と夕日の実験

— なぜ空は青い？夕日はなぜ赤い —

サイエンス・レンジャー 馬目 秀夫

レガス新宿 2004. 2. 21

「君のなぜ？なぜ？に答えよう！」親子科学教室 をもとに再編集

目次

- 1 部屋の中で青空と夕日をつくってみよう！
- 2 太陽の光にはいろいろな色の光が混ざっている
- 3 色による散り方の違い
- 4 光が見えるとはどういうこと
- 5 空が青いのはなぜ、夕日が赤いのはなぜ
- 6 家庭で実験してみよう
- 7 なぜ青い光は散りやすく、赤い光は散りにくいのか（参考追加）
- 8 分光スコープをつくってみよう

1 部屋の中で青空と夕日をつくってみよう！

空気の澄んだ晴れた日の空は真っ青に見えます。なぜ空は青いのでしょうか。また、太陽は昼の間は白いのに、夕方になるとなぜ赤くなるのでしょうか。不思議に思ったことはありませんか。

では、まず部屋の中で青空と夕日を再現してみましよう。電灯が太陽のかわりです。電灯のスイッチを入れると、水槽（空）が青く見えます。これが青空です。

水槽を下からのぞくと、太陽はすこし黄色味を帯びた白色に、空は青く見えるのがわかりますね。この実験装置では地球を取り巻く空気の層を再現するために水槽の水の中に合成樹脂の小さな粒（アクリルマルジョン）が入れてあります。



図 1



図 2

では次に、太陽を徐々に傾けていきましょう。太陽が地平線近くになると、空のようすが変わってきます。左の空が夕焼け色になってきました。



図 3

今度は、装置の左側から太陽に注目してみてください。白い太陽が赤くなっていきます。これは夕日の色ですね。

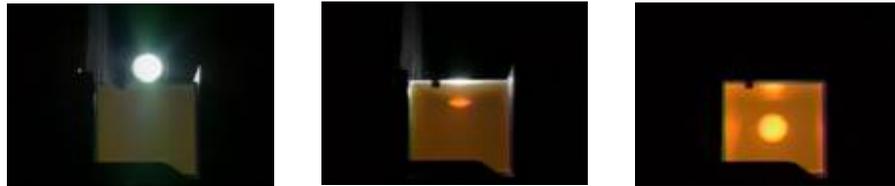


図 4

(これらのことは、家庭でも簡単に実験することができます(図1 2)。後で皆さんにも実験してもらいますよ。)

これはなぜなのでしょう。それには、次の3つのポイントがあります。

- ① 太陽や電灯の光にはいろいろな色の光が混ざっている
- ② 光は色によって散り方が違う
- ③ 光が見えるとはどういうことか

2 太陽の光にはいろいろな色の光が混ざっている

太陽の光や電灯の光には、虹に見られるように赤・だいだい・黄色・緑・青・あい・紫とたくさん色の光が混ざっています。その結果、無色の光になっているのです。このような光を白色光といいます。プリズムを使って、白色光をいろいろな色の光に分けることができます(図5)。

また、プリズムをもう一つ合わせて、色に分かれた光を合わせることもできます。

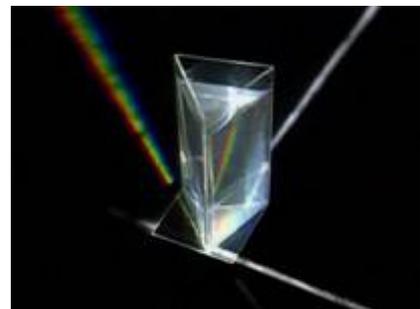


図 5

3 色による散り方の違い

このプリズムで分けられた光を、前の青空と夕日の実験器の水槽に通してみましょう。

図6のように紫の光はすぐに消えてしまい、次に藍、青・・・と消えて、最後に赤い光だけが残るのがわかります。消えるということは、光が四方八方に散ってしまい、前に行く光が弱くなるということです。このように光には、「青

い光は散りやすく遠くまで届きにくい、赤い光は散りにくく遠くまで届く」という性質があります。このことが青空と夕日を考えるときに大切なのです。

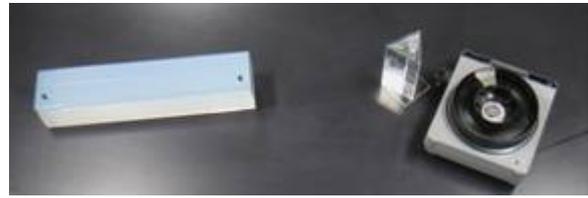
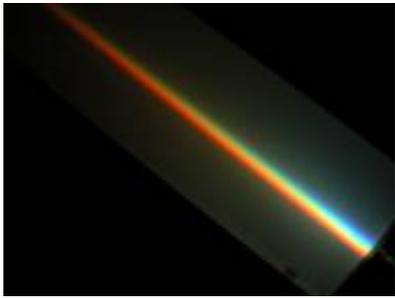


図 6

「青空と夕日と白い雲説明実験器」でも見てみましょう。

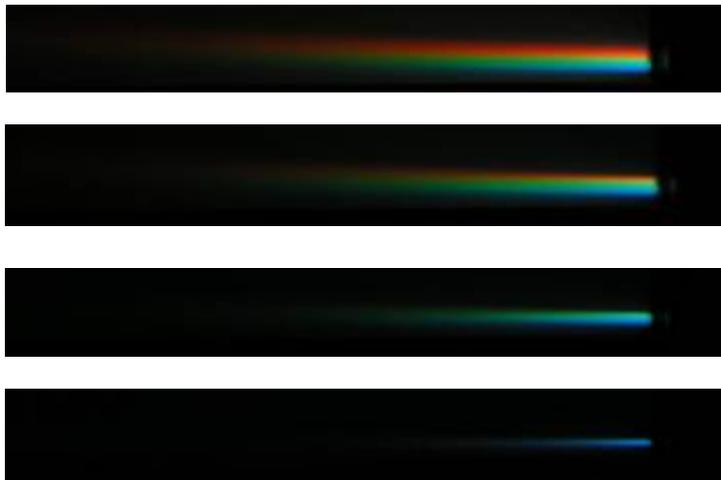


図 7

4 光が見えるとはどういうこと

ところで「空が青く見える」とか、「夕日が赤く見える」といいますが、光が見えるということはどういうことでしょうか。

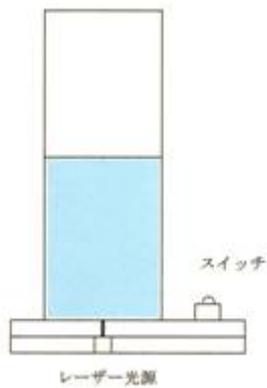
月の上で空を見るとどのように見えますか。

写真で見るように、月から見た空は、昼間でもまっ黒です。なぜなのでしょう。

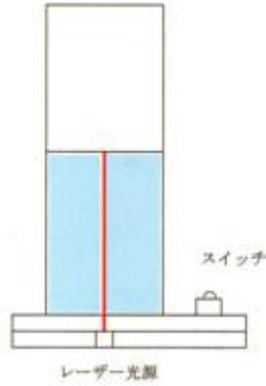
図 8 a の装置のスイッチを押すと、赤い光線が見えます。ところが、光は途中でとぎれていきます (図 8 b)。これはなぜでしょうか。

装置の上方に霧を吹いてみましょう。装置の上から赤い光線が出ていることがわかりますね (図 8 c)。

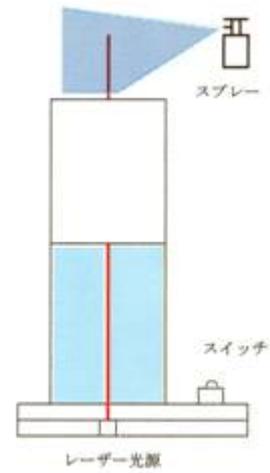
図 8 a



b



c



この装置では水の中に、青空の実験で使った小さな粒子が入っていました。この粒子に光が当たって、反射した光が目に入ってきたために光が見えたのです。水面の上の部分には空気がありますが、そこで散る光は少なくほとんどの光は素通りしてしまい、目に入る光がほとんどなかったため、光線があっても目には見えなかったのです。霧を吹くと、霧の水滴に光が当たって反射し、この反射した光が目に入ってきて、光線が見えたのです。月の空には光を散らすものがなく、目に入る光がないため、真っ黒に見えるのです。

5 空が青いのはなぜ、夕日が赤いのはなぜ

いよいよ「空はなぜ青いのか」、「夕日はなぜ赤いのか」考えてみましょう。

太陽の光が、空気中を通ってくる時、夕方は空気中を長い距離通ってくるため、紫や青い光は散ってしまい、わたしたちの目に届くのは、ほとんど赤い光だけになります。そこで太陽は赤く見えるのです。また、その赤い光が雲やチリに反射（散乱）して、夕焼けが見えるのです（図9）。

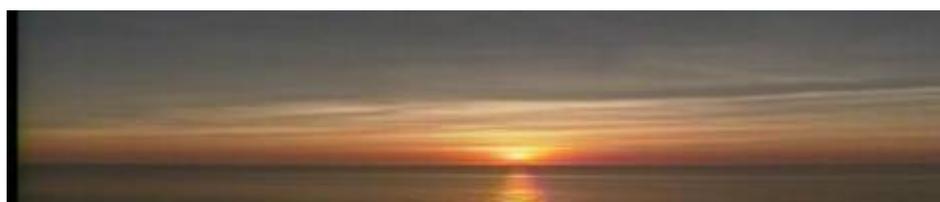
図 9



図 10



昼間は、太陽の光が通ってくる空気の距離は短いため、紫や一部の青い光が散った状態で目に届きます。そこで太陽は少し黄色味を帯びた白色に見え、散った青い光が目が届くため、空は青く見えるのです（図10）。空気の小さな粒（分子）で散った青い光が目に入ってくるから空は青く見えるのです。このように、光が目に入ってはじめて光が見えます。月では空気がなく、ほかにも太陽の光を散らすものがないので、昼間でも空は真っ黒なのです。



6 家庭で実験してみよう

用意するもの

- ペットボトル（透明・角形・2リットル用）
- かい中電灯
- フローリング用ワックスまたは牛乳（牛乳の場合は少し見にくい）



図11

やり方

1. ペットボトルいっぱいに入水を入れ、その中にフローリング用ワックスを小さじ1/2ほど加え、ふたをしてからよく振ってかき混ぜます。
2. 机の上に1を横にして置き、部屋を暗くします。
3. かい中電灯でペットボトルを真上から照らして、水の色を観察します。次に、ペットボトルの底の方からかい中電灯を照らし、ペットボトルの口の方から光の色を観察しましょう。



図12

7 なぜ青い光は散りやすく、赤い光は散りにくいのか (参考追加)

青い光が赤い光よりもなぜ散乱されやすいのかは大変難しい問題です。

よく青い光は波長が短いので粒子にぶつかりやすく、赤い光は波長が長いので粒子を乗り越えやすいからという説明がありますが、これは正しくありません。光の波長は空気の分子の大きさに比べて1000倍くらい大きいので、たとえ、波長の短い光が粒子にぶつかったとしても、海の波に針1本を立てたようなもので、ほとんど影響はありません。

*可視光の波長 400~700nm
 空気分子の大きさ (酸素0.364nm、窒素0.378nm)

波長ではなく振動数が問題なのです。空気分子(酸素や窒素の分子)の共振振動数は紫外線部(200nm附近)にあります。太陽の光が空気分子に当たると、共振振動数附近の光が吸収(基底状態→励起状態)され、すぐ放出(励起状態→基底状態)されます。放出される際には四方八方に放出されます。これが散乱光です。そのため進行方向の光は弱くなります。

では共鳴振動数以外の光はどうかというと、吸収・放出過程の時間が非常に短いため、エネルギー・時間の不確定性原理により、エネルギー(振動数)に幅がでてきます。計算によると、散乱光の強度 I_s およびその振動数 ω と入射光の強度 I_i およびその原子の共振振動数 ω_0 の間には

$$I_s \propto I_i \omega^4 / (\omega_0^2 - \omega^2)^2$$

という関係が成り立ちます。

このように、入射光の振動数が空気分子の共振振動数に等しくないときでも、入射光は原子と反応して、散乱光をつくります。(図13)

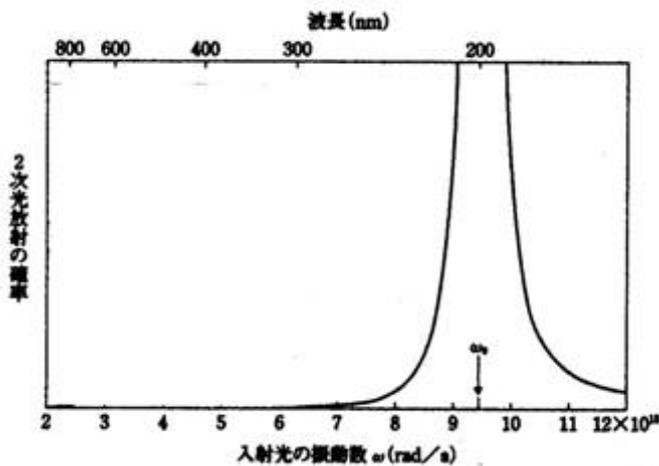


図13

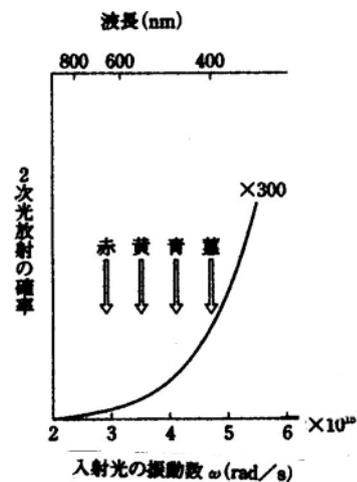


図14

図14は図13の 5.5×10^{15} 以下の部分を300倍に拡大したものです。図14で見ると、青色の光の方が赤色の光より10倍近くも強い強度で散乱されていることが分かります。したがって、空気からの散乱光には青色の光は赤色の光の10倍近くも含まれ、このため、空は青く見えるのです。

もう一つ、空が青く見える原因があります。それは空気分子が乱雑に配置されているからです。もし結晶のように原子が規則正しく配置されているならば、入射した光はそれぞれの原子からの散乱光が干渉して、透過光と反射光になって屈折の法則と反射の法則に従う特定の方向のみに進み、それ以外の方向には現れないこととなります。

以上のように、空が青く見えるのは、空気をつくる分子の共振振動数が紫外部にあることと、空気分子が乱雑に配置されているためであるということが出来ます。

このようなことは光の波長の $1/10$ 以下の大きさの微粒子についても起こります。

少し難しくなりますので、くわしく知りたい人は、「*光の物理 光はなぜ屈折、反射、散乱するのか*」(小林浩一著・東京大学出版会)を参考にぜひ調べてみてください。

サイエンスレンジャー 馬目秀夫

<http://www6.plala.or.jp/maamu/>

[分光スコープのつくりかた](#) ← ここをクリックして下さい