

# 濃度の違いによる屈折率の変化

大前 貴志 三木成人 森本将司

## 【概要】

僕たちは、砂糖水の濃度と光の屈折率の関係について調べてみた。実験方法はまず回折格子を通して簡易水槽にレーザー光を入射させ容器の奥に映る明点の間隔を測定した。その間隔から屈折率には比例関係があった。

We examine the relation between the density of sugared water and the refractive index of the light.

We did the following experiment; Firstly, we prepared a simple water tank. Secondly, we let a laser beam be incident on it through a diffraction grating. Finally, we measured the interval of the light point from its reflection in the depth of the water tank.

Considering the result, we could find that the density of water is proportional to the refractive index.

## 【研究の目的】

身の回りにある材料を使って、何か法則性を見出したいと考えていたとき、ふと目についたのは台所においてあった砂糖であった。砂糖を見てまず思いついたのは砂糖水についてであったので、砂糖水で何かできないかと思い、実際に透明なコップで砂糖水を作っていると、砂糖水の濃さによってビーカーを通して見た反対側の景色が少しだが異なっていることに気がついた。

そこで、それがなぜなのかを調べてみると、それは濃度と光の屈折率になんらかの関係が成立しているからではないかという結論に至った。

濃度と光の屈折率に関するものには、例えば糖度計や光ファイバー、ダイヤモンドなどがある。光ファイバーについていえば、テレビ、電話、コンピューターなどの電気信号を光信号に変えて送る一種のガラス繊維のケーブルであるが、原材料にガラスが使われているため、コストが高く、壊れやすいという欠点がある。そのため、この分野の研究は、発展の余地が大いにあり、今後大学などでの施

設で実験を行う際、これらについての原理や関係の求め方の知識を身につけておけば、役立つときが来るだろうと思った。

光の屈折率については、物理の授業で学習し、ある程度の知識はあった。そのため濃度と屈折率の関係を調べる実験を行えば、学習内容を確認したり、法則性を見つけられると思いいこの題材を設定した。

## 【仮説】

溶液の濃度を高くしていくと、溶液中の分子の数が多くなり、その分子が光の進行を妨げるような働きをして光の速度が遅くなると考えた。すると、屈折率は光の速度が遅くなるほど大きくなるので、濃度と屈折率には比例関係のようなものがあるのではないかと考えた。

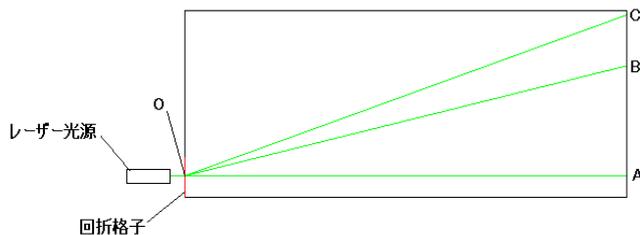
## 【実験器具・装置】

最初、溶液部分の距離を長くするのに学校にある大きな水槽を利用しようと考えていたが、それでは使用する溶液の量が膨大になり、表面に傷もたくさんついていたので、自分達で簡易水槽を作ったほうが正確な値が得られると考え、実際に作ることにした。

縦140cm 横30cm の板を底面とする木製の箱を作成し、その上にビニール袋をかぶせ、水を入れることができるようにした。また、容器の一端に回折格子のついたアクリル板を挿入した。

【実験方法】

容器に様々な濃度の砂糖水を入れて、アクリル板の回折格子部分にレーザー光を入射して容器の奥に映る明点の間隔を測定した。



上図において、C 点は空の容器に回折格子にレーザー光を当てたときの回折点で、B 点は溶液を入れた容器の場合の回折点。A 点は透過点。

そこで、図の AB, AC, OA を測定し、その値を下の式に代入することで屈折率を求めた。

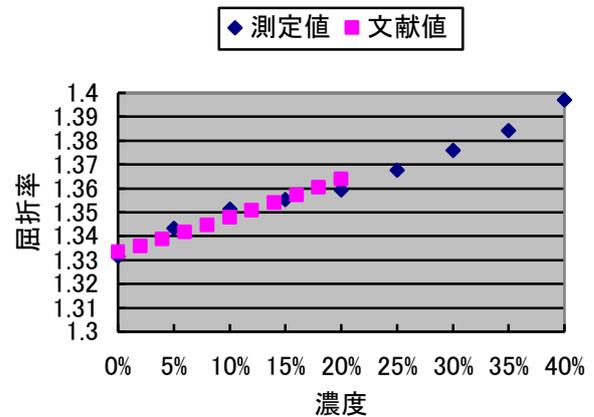
$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{AC}{AB} \cdot \sqrt{\frac{(AB)^2 + (OA)^2}{(AC)^2 + (OA)^2}}$$

【実験結果】

スクリーンまでの距離を165cmとした場合の透過点と一次明点の間の距離、また、そのときの屈折率は下の表のようになった

砂糖水の濃度	透過点と一次明点の間の距離	屈折率(計算値)
空気の場合	44.5 cm	1.0000
0%	32.9 cm	1.3316
5%	32.6 cm	1.3434
10%	32.4 cm	1.3513
15%	32.3 cm	1.3554
20%	32.2 cm	1.3594
25%	32.0 cm	1.3676
30%	31.8 cm	1.3759
35%	31.6 cm	1.3843
40%	31.3 cm	1.3971

その結果をグラフとしたものが下図である。



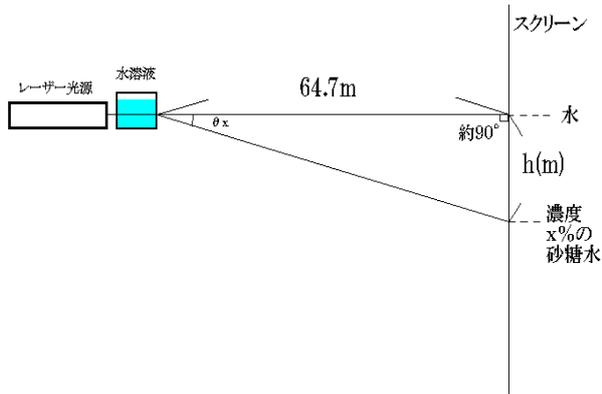
【考察】

光とは波であり、屈折という現象は波に特有の現象で、一般に異なる二つの媒質の境界面に波が斜めに入射すると、波は屈折する。これは通る媒質によって波の進む速度が変化するためである。光は屈折を起こすので波の一種であると言える。また屈折率は媒質の種類ごとに決まっており、その値が大きいほど光の進む速度が遅くなるのが分かっている。

実験結果によると、設定した仮説通り、濃度と屈折率には比例関係があることが分かった。今回成功した理由として、簡易水槽を長めに設定したことや時間をかけて砂糖水を正確に作ったことなどがあげられる。多少の誤差はおそらく、長期間にわたってこの実験を行ったため、季節の変化による温度差により屈折率が変化してしまったためであると考えられる。

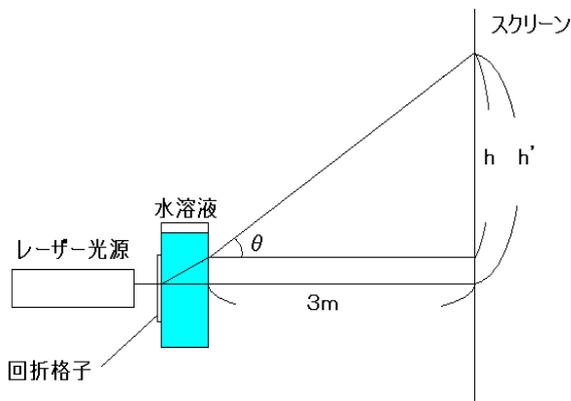
【失敗例】

今回の実験方法は二度の失敗を通して見出すことができた。一度目の失敗の原因はまず、屈折率についての知識の不足であった。最初、光を媒質に対して垂直に入射させると屈折すると考えていたが、この考えは誤りで、実際には屈折をしない。



失敗したものは、水溶液からスクリーンまでの距離を約64.7mとし、レーザー光から水溶液に地面と水平に入射したものであった。(上図)

そして、二度目の実験では回折格子を利用して見た。(下図)



しかし、これらの場合では濃度による違いが表れなかった。

この理由を考えるために次図のように値をおき、考えた。

光の明点の干渉条件から

$$n_1 d \sin \theta_1 = \lambda$$

よって

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{n_1 d} \quad \text{--- ①}$$

また2度目の入射角、屈折角の関係から

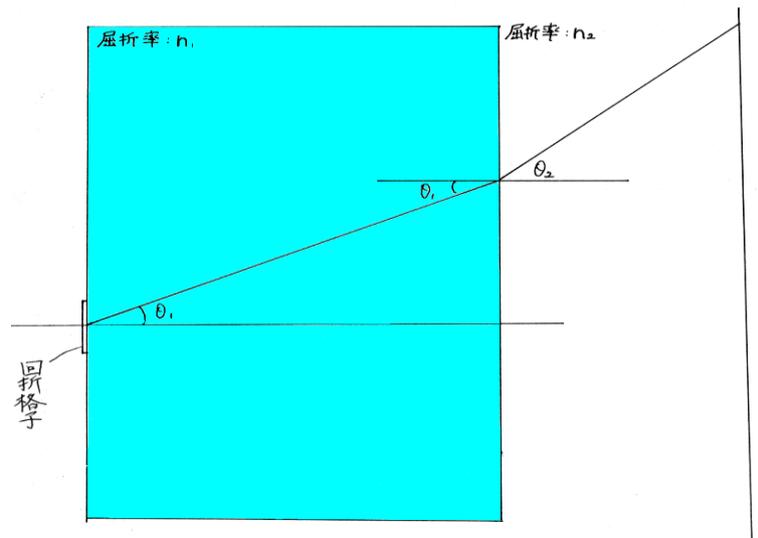
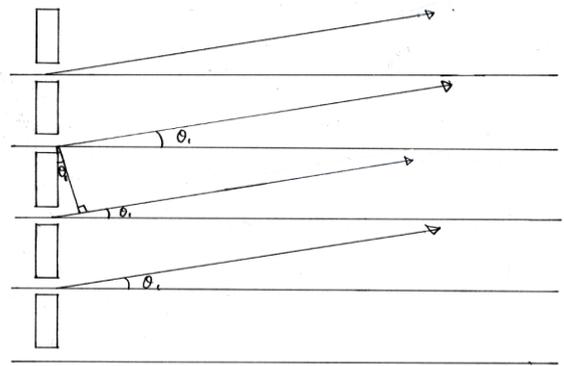
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

整理して

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \quad \text{--- ②}$$

①を②に代入すると

$$\sin \theta_2 = \frac{\lambda}{n_2 d}$$



したがって角  $\theta$  は屈折率  $n_1$  に影響されない。つまり明点の差は溶液の濃度によってではなく、溶液部分によって左右される。この実験は砂糖を節約するため長さ  $L$  を長く設定していなかった。そのためこの実験は失敗に至ったと考えられる。

そこで溶液部分の距離を伸ばしたもので実験をしてみようということになり、今回のような方法となった。

### 【今後の課題】

もしこの実験をさらに進めていくとすれば、砂糖水以外の溶液についても同様に調べること、温度の違いによってどのように変わっていくのかを調べることや、光源に使ったレーザー光の波長を変化させることによってさらに波長と屈折率と溶液の濃度との関係を確認することなどが考えられる。

## 【感想】

今回の実験を通して、高校生のうちに研究をすることの重要さが分かったように思う。研究を始める前には、実験をするには早すぎ、たいした結果を残せないだろうから意味のないことであると考えていたが、実際に実験をしているとさまざまなことを学びとることができた。

1つは、基本的な実験器具の使い方である。大学へ行けば、使い方を知っていることが当然のように扱われてしまうだろうから、今のうちに使い方を知ることができてよかったと思う。そして、もう1つは共同作業のあり方についてである。研究を共にするメンバーと協力して研究を行うことの面白さや大切さ、さらにはその難しさも分かった。

実験結果を文書にまとめるこの論文も、最初は面倒なものである思っていたが、実際にやっていると途中から論文というものがどのような構成になっており、どういう風を書いていけばよいのかがある程度わかるようになってきた。

今回は時間が足りず、あまりよい結果が得られなかったかもしれないが、この研究をすることができて本当によかったと思う。

## 【参考文献】

改訂5版 化学便覧 基礎編Ⅱ P641