

光の屈折と糖度 ～光の屈折が変わった謎～

焼津市立和田中学校

2 年 法月京太

1 動機

父が小さな望遠鏡のようなものを、日の当たる方に向けていたので、不思議に思い尋ねてみると、その望遠鏡のような器具は「糖度計」というもので、果物やお菓子、ジュースなどの糖度を計るものだと教えてくれました。糖度を計るものは、いろいろあるようですが、父の使っていた糖度計は「光の屈折を利用して測定するタイプ」でした。このことから、僕は光の屈折と糖度との関係に興味を持ち、調べてみようと思いました。

2 実験 1 ～ 4 までの研究方法

- (1) 砂糖を含んだ水の屈折角を調べる。円 (360 度) 分度器を使って測る。屈折率を、計算で求めるのは困難だと思い、書物で屈折率について調べた結果、真水と砂糖水 (濃度 50%) にレーザーを当て、真水と砂糖水を通過した後の位置を測り、その違いを調べる。
- (2) 濃度を 10%、20%、30%、40%、50% と、10% ずつ濃くしながら測定する。
砂糖水の濃度を変えながら、20cm 角の目盛りをつけた水槽に、レーザーポインターを使って、光の当たった位置のずれを測定する。
- (3) クエン酸と塩で水溶液を作り、屈折角を測定する。
クエン酸、食塩、砂糖を溶かし、濃度が 20% となる水溶液をそれぞれ作り、実験 3 と同じ方法で測定し、真水との結果と比較する。
- (4) 寒天で固めた砂糖水を層にしてレーザーを当てて観察する。
0%、33%、50% 濃度の砂糖水を、寒天 3g で固めて層にしたものに、レーザーを当てて、屈折する様子を観察する。
- (5) カーブの様子が良く分かるように横に長い容器で観察する。
レーザーを層の境目やその周辺に当てて観察する。

3 実験 1 ～ 7 までの結果と考察

- (1) 砂糖水の方が、真水よりも屈折角は小さくなった。しかし、容器が小さかったためか、あまりにも真水と砂糖水との結果の差が小さく、誤差の範囲におさまってしまいそうなので、正確さに欠けると思った。

- (2) 入射角を 30 度にしたとき、屈折角は真水で 22 度、砂糖水で 20 度になったことで、屈折角に糖度が関係していることはわかったが、濃度 50% で 2 度しか屈折角が変化しなかった。
- (3) 砂糖水の濃度が 0 % のときは屈折角が 38.5 度、10% のときは 38.2 度、20% のときは 38.0 度、30% のときは 37.8 度、40% のときは 37.5 度、50% のときは 37.0 度というように、砂糖水の濃度が高くなるにつれ、屈折角は小さくなった。このことから、屈折率が変化した原因は砂糖の一部の性質が強くなったこと、または密度が変化したことだと考えた。
- (4) クエン酸水溶液も食塩水も屈折率は変化した。したがって、屈折角の変化には、砂糖の成分や性質は関係ないということが分かった。また、実験中、食塩水を水槽に入れたとき、砂糖水やクエン酸水溶液に比べて食塩水の容量のほうが少ないように感じた。また、砂糖水とクエン酸水溶液の光が当たった位置に対し、食塩水の光が当たった位置は少しずれていた。このことから、実験結果に影響を与えていたのは密度なのではないだろうかと考えた。
- (5) それぞれの層の境目に、ほんの少し角度がついているように見えたが、寒天の層でそれぞれ透明度に差が出てしまったため、レーザーの光が拡散してしまい、角度が分かりにくかった。屈折が見えやすいように、いろいろな方向から光を当ててみると、層の境目で境目と平行なところにレーザーを当てたとき光が曲がっていることに気がついた。
- (6) 光の線はすべて濃度の高い方に曲がった。このことから、光の線が濃度の高い方に曲がるのは、熱い寒天液を流し合わせたことで境目が少し溶け、はっきり分かれていないからだと思った。しかし、兄から「その理由は違うと思う」と言われ、スキー等の経験を思い出し、もう一度、考え直してみた。すると、光の線が濃度の高い方に曲がったのは、それぞれの層で光の進むスピードが違うことが原因であることが分かった。

4 実験で疑問とその考察

- ・光の屈折に密度が関係するのであれば、それはなぜだろうか。
- ・そもそも、光はなぜ屈折するのだろうか。

この 2 点について、書物やインターネットを使って調べてみたが、分からない語や単位が多く、とても中学 2 年生の知識で理解できるようなものではなかった。そこで、兄に「光の屈折」を理解するためのポイントを、幾つか教えてもらった。

- ・空気中から密度の高い液体やガラスに入った光はどうなるか。光を人に置き換えてみると空気中、水中、泥水の中を歩くスピードはどうな

るか想像すること。

- 光はどんな状態のとき屈折するか、また物質に対し、垂直に入る光と斜めに入る光の違いについて考えること。
- 前の2点を踏まえ、光を、スキーをする自分自身に置き換えて考えてみる。ゲレンデを滑っているとき、斜めから新雪にどちらかの足が先に入ってしまうと、どうなるかについて、主にスピードと進行方向に注目して想像してみること。

＜ポイントを元に考える＞

「密度」という言葉は、日常でも良く耳にする。例えば「人口密度」や「骨密度」等があり、どれも「ギュウギュウに詰まっている」というイメージがある。それは、密度の低いところから密度の高いところに進むということは、つまり邪魔のないところから「ギュウギュウに詰まっている」ところへ移動することと同じことなのだろうと考えた。そうであれば、人間も光も、進むスピードは当然遅くなるのだと考えた。水溶液の密度を考えた場合、水だけのものと比べると、水に砂糖を溶かした水溶液は、砂糖の粒（分子）が増えた分、窮屈になるのだろう。それは、毎年旅行するスキー場の様子を思い浮かべてみた。圧雪してあるゲレンデはスムーズに滑ることができるのに対し、新雪が積もった場所へ入ると、とたんにスピードが落ちる。また、新雪へ入る角度によっても進み方が違う。

- 両足をそろえて垂直に入るときは、全体としてスピードが落ちる。
- 両足をそろえ、斜めの方向から入るときは、先に入ったほうの足が新雪に取られ、反対の足だけが進んでしまい、バランスが崩れて転びそうになる。また、片足でブレーキはできても、もう片方の足はスピードが出たまま、進もうとする。すると、遅い方を支点に、もう片方の足が外側に回ろうとする力が発生し、進む方向が変わってしまう。その後、両足が新雪に入るとまっすぐ進み出す。光の屈折も、この場合と同様に、スキーの板に押している現象と非常に良く似ているものだと考えた。

5 まとめ

実験1では、自分なりの糖度計を作ろうと思い、糖度の差を屈折角で測ろうと、いろいろと試してみたが、糖度の差を大きくしても屈折角の差はわずかであり、糖度計が作れるほど細かく、また正確な値にはならなかった。しかし、糖度計作りを諦めかけたとき、別の水溶液で実験をすることを思い付き、実験4では屈折が砂糖の特徴や一部の性質ではなくではなく、密度に関係していることが分かった。

実験5～6は、疑問とその考察を利用し、自分が立てた考察が正しいことを確かめるための実験を行った。

実験7は、いままでの実験とはあまり関係はないが、蜃気楼について学ぶことができた。昨年の研究では、水に物体が浮く原因を調べ、その過程で水の密度と浮かぶ物の密度の関係が大きく関係していることがわかったのだが、それが今回の「密度と屈折」の関係を見つけるヒントとなった。

今回は昨年とは全く違うテーマだったにも関わらず、「密度」が大切なポイントになっていた。「密度」は目に見えないけれど、気付かないうちに、様々な現象に関わっていることが分かった。その後、兄から教えてもらった光の屈折を理解するためのポイントをあらためて考え、自分なりに理解したことで、実験6～7のレーザーの光が曲がることや、蜃気楼が起こる原因について、その理由を説明することができるようになった。

6 感想

今回の自由研究は自分の予想通りにならないことがたくさんあり、思うように研究が進まなかった。実験4が終わった頃から、なぜ光は屈折し、密度が関係あるのだろうかと思い始めたが、自分一人で考えただけでは分からず、とても悔しかったが、兄に助言してもらったことで、これらのことを理解できたときは、とても嬉しく、すっきりした気持ちになることができた。

後半、実験の途中で、ちょっとした好奇心で試した濃い砂糖水から覗いた景色は、グニャグニャとしていて、まるでだまし絵のようであり、改めて光に対する不思議さや神秘を感じた。

小さい頃、風呂の中で自分の手が小さく見え、不思議に思っていたことも、今回の研究を通して理解を深めることができたことはとても嬉しい。光の屈折は自分が気付いていないだけで、さまざまな自然現象の原因になっているのかと思うと、これからの自然に対する見方も変わり、自然を見る楽しさも増えていくように思う。

今回の研究では「光の屈折」と「密度」の関係を調べてきたが、他にも光の屈折の変化に関係することがまだあると思うので、また研究をする機会があれば、これについて研究してみたいと思う。