

## 糖度と屈折率の関係

熊本学園大学付属中学校 2年 中久保 匡亮

## 1 研究の動機

スーパーなどに売ってある果物には糖度表示がある。そこで、糖度をどうやって測るのかに興味を持ち、インターネットで調べると、糖度は糖度計で測っていて、そこには屈折の原理が使っていることがわかった。そこで、屈折の原理とは何かを調べ、屈折率を測定する装置を自作し、いろいろな液体の屈折率を測定することにした。屈折率を測定する液体としては、身近にある食塩水、砂糖水、食酢、植物油を選んだ。

## 2 研究の方法

(1) まず、図1のように身近にある計量カップ、三角定規等を使って、測定装置を組み立てた。そして、カップに屈折率を測定する液体を入れ、図2のようにしてカップの向こうの定規の端とカップにつけた目印と手前の定規の端が一直線上に並ぶ位置を見つけ、記録用紙に印をつけた。



図1

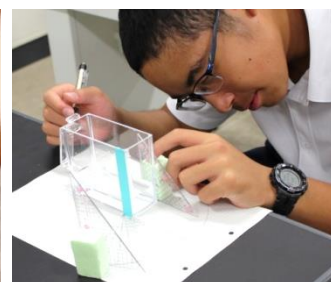


図2

(2) 図3において屈折率は  $a/b$  で求められる。そこで、実験の精度を上げるために、図4のように入射角を4通り変えて測定をおこなった。測定する液体を変えたり、液体の濃度を変えたりして実験を繰り返し屈折率を計算した。

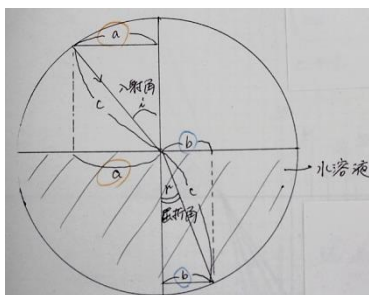


図3

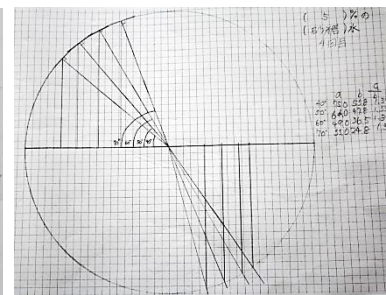


図4

## 3 研究の結果

## (1) 水の屈折率の測定

表1は、水の屈折率を測定した結果である。平均値は、1.334となり、理科年表にある1.333とほぼ一致した。

|   | 角度  | $a(mm)$ |      |      | $b(mm)$ |       |       | 屈折率 ( $\frac{a}{b}$ の値) |       |       | 屈折率<br>(3回の平均) | 糖度<br>Brix |
|---|-----|---------|------|------|---------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|----------------|------------|
|   |     | 1回目     | 2回目  | 3回目  | 1回目     | 2回目   | 3回目   | 1回目                     | 2回目   | 3回目   |                |            |
| 水 |     |         |      |      |         |       |       |                         |       |       |                |            |
| ア | 40° | 75.0    | 57.0 | 60.0 | 56.0    | 1.316 | 1.25  | 1.339                   | 1.302 | 1.334 |                |            |
| イ | 50° | 63.0    | 47.0 | 47.0 | 46.0    | 1.340 | 1.340 | 1.370                   | 1.35  | 1.334 | 0              |            |
| ウ | 60° | 50.0    | 36.0 | 36.0 | 35.0    | 1.389 | 1.389 | 1.429                   | 1.402 |       |                |            |
| エ | 70° | 33.0    | 26.0 | 29.0 | 23.0    | 1.269 | 1.138 | 1.435                   | 1.281 |       |                |            |

## (2) 食塩水と砂糖水の屈折率の測定

表2は、濃度25%の食塩水と砂糖水の屈折率の測定結果である。食塩水の屈折率は1.447と求まり、砂糖水は1.364となった。また、図5のようにして糖度計で測定した糖度Brixは、食塩水が28.7となり砂糖水が26.5であった。

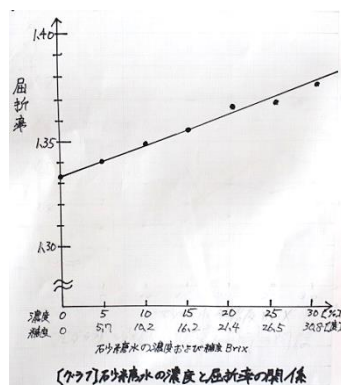
| aの値と平均値は小数第四位まで四捨五入した値 |       |        |      |      |        |       |       |             |       |       |             |         |
|------------------------|-------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|---------|
|                        | 角度    | a (mm) |      |      | b (mm) |       |       | 屈折率 (a/bの値) |       |       | 屈折率 (3回の平均) | 糖度 Brix |
|                        |       | 1回目    | 2回目  | 3回目  | 1回目    | 2回目   | 3回目   | 1回目         | 2回目   | 3回目   |             |         |
| 食塩水<br>25%             | ア 40° | 75.0   | 53.0 | 55.0 | 51.0   | 1.415 | 1.364 | 1.471       | 1.417 | 1.447 | 28.7        |         |
|                        | イ 50° | 63.0   | 44.0 | 45.0 | 42.0   | 1.432 | 1.4   | 1.5         | 1.444 | 1.447 |             |         |
|                        | ウ 60° | 50.0   | 34.0 | 34.0 | 32.0   | 1.471 | 1.471 | 1.563       | 1.502 | 1.447 |             |         |
|                        | エ 70° | 33.0   | 23.0 | 26.0 | 21.0   | 1.435 | 1.269 | 1.571       | 1.425 | 1.447 |             |         |
| 砂糖水<br>25%             | ア 40° | 75.0   | 55.0 | 55.0 | 54.0   | 1.364 | 1.364 | 1.389       | 1.372 | 1.364 | 26.5        |         |
|                        | イ 50° | 63.0   | 47.0 | 45.0 | 46.0   | 1.340 | 1.4   | 1.370       | 1.37  | 1.364 |             |         |
|                        | ウ 60° | 50.0   | 36.0 | 36.0 | 34.0   | 1.389 | 1.389 | 1.401       | 1.393 | 1.364 |             |         |
|                        | エ 70° | 33.0   | 26.0 | 25.0 | 24.0   | 1.269 | 1.32  | 1.375       | 1.321 | 1.364 |             |         |



図5

(3) さまざまな濃度の砂糖水の屈折率の測定

表3は、5%~30%の濃度の砂糖水の屈折率と糖度Brixを測定した結果である。その結果をグラフにしたものが、右のグラフである。



| (4) 実験 4 の結果 (表3) さまざまな濃度の砂糖水の屈折率と糖度 Brix |   |         |        |           |      |           |           |         |       | 糖度 Brix |      |
|-------------------------------------------|---|---------|--------|-----------|------|-----------|-----------|---------|-------|---------|------|
|                                           |   | 厚さ (mm) |        | 屈折率 (平均値) |      |           |           | 糖度 Brix |       |         |      |
|                                           |   | a (mm)  | b (mm) | 3mm       | 4mm  | 屈折率 (平均値) | 屈折率 (平均値) |         |       |         |      |
| 5%                                        | 1 | 75.0    | 55.4   | 56.0      | 55.8 | 1.342     | 1.339     | 1.337   | 1.344 | 1.341   | 5.7  |
|                                           | 2 | 64.0    | 47.7   | 47.9      | 47.7 | 1.342     | 1.336     | 1.342   | 1.339 | 1.340   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 36.5   | 36.5      | 36.4 | 1.342     | 1.342     | 1.346   | 1.342 | 1.343   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.7   | 24.6      | 24.7 | 1.338     | 1.341     | 1.336   | 1.331 | 1.336   |      |
| 10%                                       | 1 | 75.0    | 55.4   | 55.6      | 55.7 | 1.354     | 1.349     | 1.349   | 1.346 | 1.350   | 10.2 |
|                                           | 2 | 64.0    | 47.5   | 47.4      | 47.6 | 1.347     | 1.350     | 1.345   | 1.347 | 1.347   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 36.5   | 36.5      | 36.4 | 1.342     | 1.346     | 1.350   | 1.346 | 1.346   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.7   | 24.3      | 24.4 | 1.358     | 1.347     | 1.352   | 1.358 | 1.354   |      |
| 15%                                       | 1 | 75.0    | 55.4   | 55.4      | 55.3 | 1.359     | 1.354     | 1.356   | 1.356 | 1.356   | 16.2 |
|                                           | 2 | 64.0    | 47.2   | 47.4      | 47.4 | 1.356     | 1.350     | 1.350   | 1.350 | 1.352   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 36.1   | 36.3      | 36.1 | 1.357     | 1.350     | 1.357   | 1.357 | 1.355   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.3   | 24.3      | 24.3 | 1.358     | 1.364     | 1.347   | 1.358 | 1.357   |      |
| 20%                                       | 1 | 75.0    | 54.9   | 55.0      | 55.1 | 1.366     | 1.364     | 1.364   | 1.361 | 1.364   | 21.4 |
|                                           | 2 | 64.0    | 44.9   | 44.9      | 44.9 | 1.365     | 1.362     | 1.365   | 1.362 | 1.364   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 33.9   | 33.9      | 33.9 | 1.365     | 1.365     | 1.369   | 1.365 | 1.366   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.1   | 24.1      | 24.1 | 1.364     | 1.364     | 1.364   | 1.364 | 1.368   |      |
| 25%                                       | 1 | 75.0    | 54.7   | 54.8      | 54.9 | 1.371     | 1.371     | 1.369   | 1.366 | 1.369   | 26.5 |
|                                           | 2 | 64.0    | 44.7   | 44.8      | 44.7 | 1.370     | 1.368     | 1.373   | 1.370 | 1.370   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 33.8   | 33.9      | 33.8 | 1.364     | 1.361     | 1.365   | 1.364 | 1.366   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.1   | 24.0      | 24.1 | 1.369     | 1.375     | 1.369   | 1.369 | 1.371   |      |
| 30%                                       | 1 | 75.0    | 54.5   | 54.7      | 54.6 | 1.376     | 1.376     | 1.374   | 1.371 | 1.373   | 30.8 |
|                                           | 2 | 64.0    | 44.5   | 44.6      | 44.6 | 1.376     | 1.370     | 1.373   | 1.373 | 1.373   |      |
|                                           | 3 | 49.0    | 33.5   | 33.5      | 33.5 | 1.376     | 1.380     | 1.380   | 1.379 | 1.379   |      |
|                                           | 4 | 37.0    | 24.0   | 24.0      | 24.0 | 1.375     | 1.375     | 1.381   | 1.375 | 1.377   |      |

#### 4 研究の考察

研究の結果に対する考察をまとめると次のようになる。

- (1) 100円均一ショップで売っているような簡単な器具でつくった装置で、液体の屈折率を十分に測定できることがわかった。
- (2) 水の屈折率の測定では、詳しい実験による結果とほぼ一致し、今回の実験で使用した容器のプラスチックによる屈折の影響はほとんどないことがわかった。
- (3) 同じ濃度の食塩水と砂糖水の屈折率および糖度Brixの比較から、屈折率や糖度は単純に濃度だけの問題ではないことがわかった。
- (4) さまざまな濃度の砂糖水の屈折率と糖度計による測定結果から、砂糖水に限ってはグラフが示すように、屈折率と濃度や糖度の値には正の相関関係があることが確かめられた。
- (5) 身近にある食酢や食用油の屈折率の測定もおこなったが、予想以上に値が大きかった。
- (6) 糖度表示がしてある果物（スイカとパイナップル）の屈折率と糖度の測定もおこなった。図6のようにして果汁をガーゼでこしだし、図7のようにLEDライトを使って光路を調べた。実際の糖度表示とかなり違う結果が出たが、その原因ははっきりとはわからなかった。

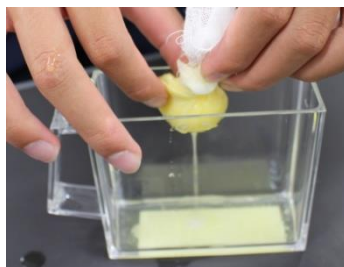


図6



図7

#### 5 研究のまとめ、今後の課題

研究を通して、屈折率についての理解が深まった。特に、水の屈折率の結果がかなりよかったので嬉しかった。また、砂糖水の濃度と屈折率の関係については、最初なかなか予想したような比例関係のグラフが得られなかったが、注意深く実験をやり直すことで正の相関関係を確認することができた。

しかし、測定した屈折率と糖度計を使って得た糖度Brixの関係については、関連性を十分に把握できなかった。そのため、糖度表示がしてある果物について屈折率を測ることにより糖度がわかるという所期の目的は達成できなかった。

糖度計は、ごく少量の液体で糖度を測ることができる。そこで、今後は糖度計のしくみを理解し、もっと簡単な方法や別の原理を使って屈折率や糖度を測ることに挑戦したい。