

1 3. 跳ね返った液体の変化

静岡県立浜松北高等学校物理・化学部
1年 江間元春 渡邊陵太郎 大橋良太
松田卓也 仲山友海 仲山直歩

1 はじめに

液体は液体の上に落下すると跳ね返る。このとき跳ね返った液体は、落下する液体が多く含まれているのか、それとも受ける側の液体が多く含まれているのか、あるいは混ざらないのか？

私たちはこの、日常どこでも起こっているような現象に興味を持ち、その仕組みについて調べてみた。

2 実験 A の内容

液体をガラス管から、異なる液体に落下させる。ガラス管の高さを変化させたとき、跳ね返った液体の濃度がどのように変化するのかを明らかにする。液体は水と砂糖水をそれぞれ使う。

また砂糖水の濃度を変化させて、濃度による混ざり方の違いも実験する。

※ 以下、砂糖水を水に落下させる場合を「**糖→水**」、水を砂糖水に落下させる場合を「**水→糖**」と表記する。



実験 A の様子

3 実験 A の方法

＜使った器具＞

ガラス管、トレイ、300mL、ビーカー、ピペット、糖度計、水、15%と5%の砂糖水、1mのものさし、スタンド、食紅

まず、スタンドにものさしとガラス管を取り付け、トレイを置く。置いたトレイの上に水の入ったビーカーをのせ、ものさしを使ってガラス管とトレイの上までの距離を調節する。ガラス管に砂糖水を1mL入れて落下させる。その後トレイ上に跳ね返った液体をピペットで採取する。その液体の濃度を糖度計で計る。これを同じ条件で何度か行い濃度の平均値を出す。その濃度の平均値と高さとの関係をグラフにする。(グラフ1・2)

同様にビーカーに砂糖水を入れ、水を落下させることも行う。

また平均値を利用して、跳ね返った液体に含まれる、砂糖水と水の割合を計算する。その様子をグラフにまとめる。(グラフ3～6)

※ 跳ね返った液体に含まれる砂糖水と水の割合の計算方法(15%の砂糖水を使った場合)

「**砂糖水：水**=1：x」として考える

砂糖水をMgとすると、水はxMgと表せる。

このとき溶質は $M \times 15 / 100$ [g]、溶液は $M + xM$ [g]と表せる。

よって濃度を $M \times 15 / 100 \div M + xM \times 100$ と表せる。

また実験 A で出た濃度の平均値を α とすると

$$\alpha = M \times 15 / 100 \div (M + xM) \times 100$$

$$\alpha = 15 \div (x + 1) \quad \text{これを計算すると}$$

$$x = 15 \div \alpha - 1$$

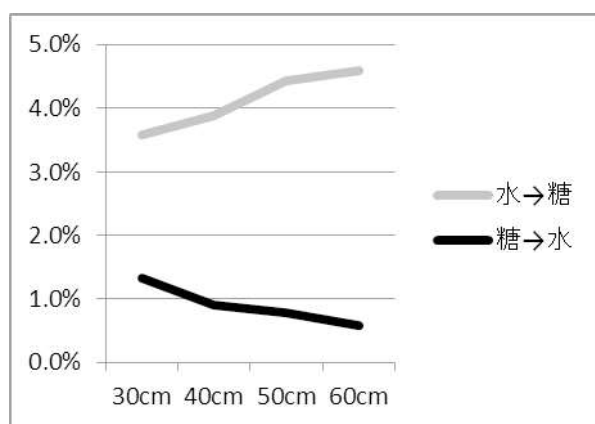
この式に α を代入して砂糖水と水の比率を計算する。

※ 砂糖水が 5% のときは、「 $x = 5 \div \alpha - 1$ 」を同様に代入する。

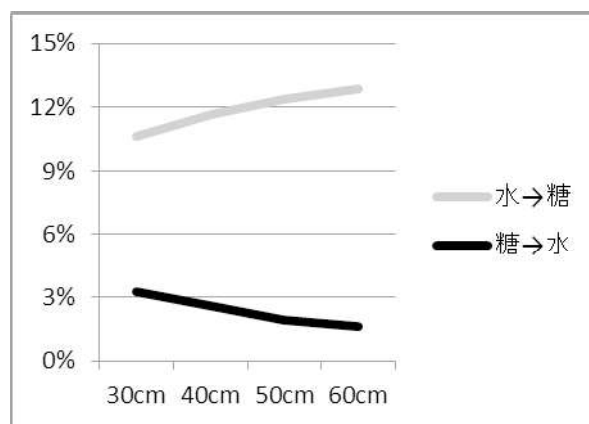
4 実験 A の結果

● グラフ 1・2 より

「水→糖」のグラフは高さが高くなるにしたがって、濃度が大きくなる。反対に糖→水の場合は濃度が低くなる。つまり、落とす液体の高さを高くする（位置エネルギーを大きくする）と受ける側の液体の占める割合は大きくなる。また、5%のグラフ、15%のグラフ共に、「水→糖」「糖→水」の形は同じようなものとなった。



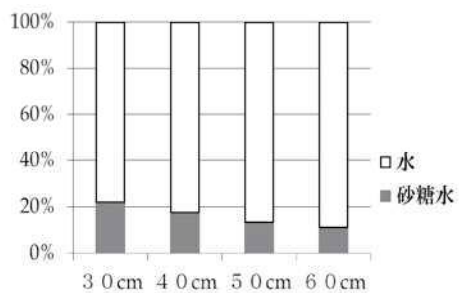
グラフ 1



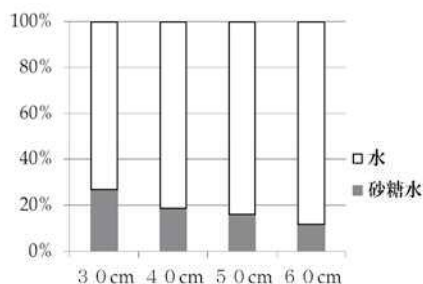
グラフ 2

● グラフ 3～6 より

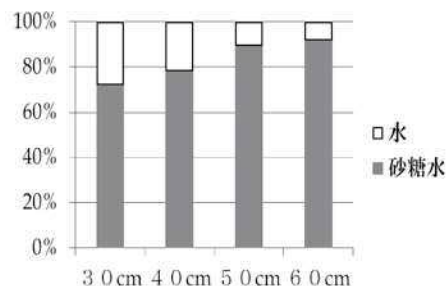
液体を落下させるとき、跳ね返った液体は受ける側の液体の方が多く含むということが分かる。



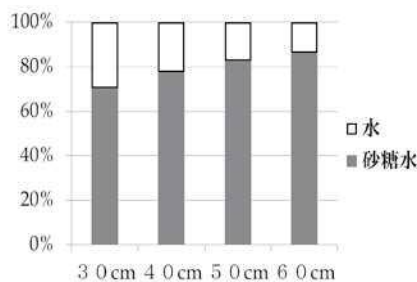
グラフ 3 (糖→水 15%)



グラフ 4 (糖→水 5%)



グラフ 5 (水→糖 15%)



グラフ 6 (水→糖 5%)

5 実験Aの疑問

- (1) なぜ落とす液体の高さを高くする（位置エネルギーを大きくする）と受ける側の液体の占める割合は大きくなるのか。
- (2) なぜ同じ高さで比較したとき、両方とも濃度の高い、15%の砂糖水を使用した方が水の占める割合が大きくなるのか。

6 実験Aの考察

位置エネルギーが増加したことにより、落下する液体の速度が速くなる。その結果、受ける側の液体の深くまで達する。

＜「糖→水」の場合＞

5%と15%の砂糖水の違いの1つは密度である。高さだけではなく密度も関係しているのではないかと考えそのことに着目してみた。当然密度は15%の方が大きい。このとき水の占める割合が5%に比べ大きくなる。つまり密度が高いほど、水の深くにまで達することができる。

＜水→砂糖水の場合＞

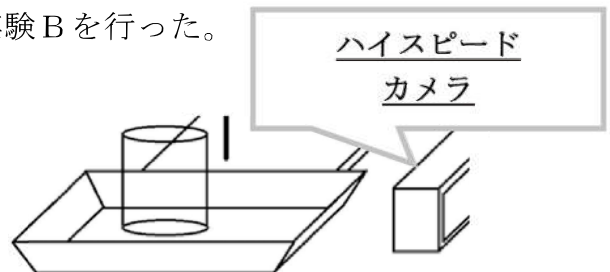
この場合でも密度が関係していると考えた。調べた結果浮力が関係しているのではないかということになった。なぜなら浮力は密度によって変化するからだ。浮力は密度が大きい液体であるほど大きくはたらく。つまり15%の砂糖水を使用した場合5%の砂糖水よりも浮力は大きくなる。その結果落下する水は浮力が大きいため深くまで達しにくくなる。

以上から、落下する液体が深くにまで達するほど、跳ね返った液体に含まれる、受ける側の液体の割合が大きくなるのではないかという仮説をたてた。落下する液体が受ける側の液体の水面から達した所までの距離が条件により予想通り変化することを確認する。また、より深くにまで達すると、受ける側の液体をより多く含むことの原因を探る。この2つのことを行うために実験Bを行った。

7 実験Bの内容

液体がより深くにまで達すると、受ける側の液体をより多く含むことの原因を探るため、実験Aの様子をハイスピードカメラで撮影する。撮影後、動画をパソコンに取り込む。

受ける側の液体の水面から、落下した液体が達した距離と、跳ね返った液体の濃度との関係調べる。



実験Bの様子

8 実験Bの方法

動画で落下した液体と受ける側の液体を識別するため落下させる液体の方を食紅を使って赤く染める。受ける側の液体はそのまま使う。〔落下させる高さは40cmで15%と5%の砂糖水をそれぞれ使って糖→水・水→糖を行う。〕

その様子をハイスピードカメラで撮影する。パソコンに動画を入れる。落下させた液体が、受ける側の液体の水面から、達したところまでのおよその距離を、定規を使って求める。その様子は表にまとめる。また動画を見て、液体がどのように跳ね返るのか観察して、落下する液体がより深くにまで達すると受ける側の液体がより多く含まれる原因を探る。

9 実験Bの結果

表1より、「糖→水」の場合は砂糖水の濃度が高い方がより深くにまで達することがわかる。逆に「水→糖」の場合は砂糖水の濃度が低い方がより深くにまで達する。以上のことから、落下した液体が受け側の液体の水面から達した所までの距離が、条件により実験Aの結果による予想通り変化することを確かめられた。

濃度	15%	5%
砂糖水→水	3.5 cm	3 cm
水→砂糖水	3 cm	3.8 cm

表1 (高さ40cm)

撮影した動画から、落下する液体は受ける側の液体を持ち上げるようにして跳ね返っている。よって落とす液体が深くまで達するれば達するほど、持ち上げる液体の量は大きくなる。これが落下する液体が、受ける側の液体のより深くにまで達するとき、跳ね返った液体は受ける側の液体をより多く含むことの原因である。

10 実験A・Bから分かったこと

- 液体が液体の上に落下する時、跳ね返った液体には受ける側の液体のほうが多く含まれる。
- 落下する高さが高くなったり、液体の密度が大きくなったりして、落下する液体が受ける側の液体の水面から、より深くにまで達すると、跳ね返った液体は受ける側の液体をより多く含むようになる。その原因は落下する液体が受ける側の液体を持ち上げるようにして跳ね返っているためである。

11 まとめ

● 今回の課題

この論文には書いていないが、私たちは高さ・濃度以外に液体の温度を変えて同様の実験を行った。しかし温度の変化と跳ね返った液体の濃度との関係を見つけることはできなかった。おそらくその原因は糖度計にあった。糖度計は液体の屈折率を利用して濃度を求める。屈折率というのは温度によって変化する。そのため液体の温度が常温と大きくことなると、濃度も変化してしまう。

このことは液体の温度を変化させなかった実験にもいえることである。さらに液体の温度に着目して、跳ね返った液体の濃度との関係を見つけられるようにしたい。

● 次回へ向けて

今回あいまいに終わった温度の変化と跳ね返った液体の濃度との関係を、調べられるような方法を考えることが必要だと感じた。温度以外にもさまざまな条件で実験を行い、濃度との関係を迫及していきたい。