

液体がはじかれる秘密

静岡大学教育学部附属静岡中学校

3 年 小泉剛愼

1 動機

僕は生け花を習っている。ある時、お稽古中に花や葉に水が垂れてしまった。しかしその花や葉はきれいに水をはじいた。「なぜはじいたのだろう」「どのようにはじいたのだろう」こんな疑問が出てきた。これがこの研究の始まりだ。この疑問を解き明かすために、植物・はじかれる液体・科学的な結合という視点から実験を行っていった。

2 研究①

(1) 研究テーマ

どうして植物の葉は水をはじくのか

(2) 動機

生け花のお稽古中に花や葉がきれいに水をはじいたことに疑問を持ち、どのようにはじいているのか疑問に思ったから。

(3) 仮説

すべるように水がはじかれていったため、表面の構造が関係している。

(4) 方法

トウモロコシ、キャベツ、チンゲンサイ、レタスの葉を用意し水を垂らしはじくか観察する。また、表面の構造を双眼実体顕微鏡で観察する。

(5) 結果

はじいたもの

・ トウモロコシ ・ キャベツ

はじかなかったもの

・ チンゲンサイ ・ レタス

また、右側の写真は双眼実体顕微鏡で見た画像だ。

(6) 考察

双眼実体顕微鏡で見ると、トウモロコシとキャベツには表面に毛が生えているように見えた。しかし、はじいていないものにはこの特徴はなかった。そこで毛が生えていると水をはじくことが出来る。これは毛を使って浮かせているからではないかと考えた。

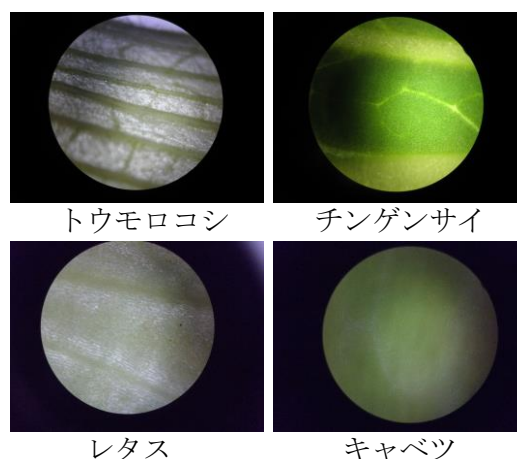


図 1 顕微鏡写真

3 研究②

(1) 研究テーマ

粘度と接触角の関係

(2) 動機

ヨーグルトの蓋はヨーグルトをはじく構造をしていて、ふたを開けた時にくっつきにくいようにしている、という話を聞いた。そこでこの構造はヨーグルトに特化しているものではないかと考えた。しかし実験してみると、そういうわけではなくただ凹凸構造が施されていて、植物と似たような構造になっていた。ここから、ヨーグルトの方が水よりはじかれにくいと考えられる。これが何故なのか疑問に思った。

(3) 仮説

ヨーグルトと水の違いとは何か考えてみると、粘度を思い浮かべた。粘度が高いと水が丸くなるうとする表面張力(図2赤矢印)よりも、粘り気が強い液体が広がっていく力(図2緑矢印)の方が大きくなってしまおうと考えた。うまく液体が丸くならないのだ。

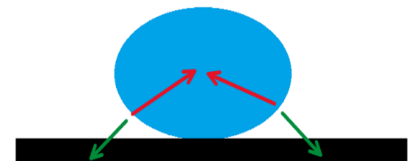


図2 液体に加わる力のモデル図

(4) 接触角について

どれだけはじいているのか、ということを目で見て判断するのは客観性に欠ける。そのため数値化したいと考えた。その際に「接触角」というものを利用する。接触角とはどれだけ液体が丸くなっているのか(ぬれ性)を示すものである。これが大きければよくはじいているということになる。液体が何にも触れていないときに接触角は最大になる。これは宇宙空間で水を放すと球体になることから考えた。

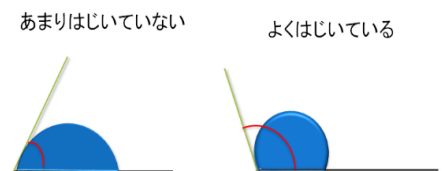


図3 接触角のモデル図

(5) 方法

粘度を自分で調整して接触角を比較する。

ア はちみつとせんたくのりを50g用意する。それぞれに水を5, 10, 15gを加えていく。

イ 原液とアで作ったものと試液を「くっつきにくいアルミホイル」と呼ばれるものに垂らす。

ウ その時の接触角を計る。(接触角測定アプリ使用)

エ 粘度を計測する。

オ ウ、エを3回繰り返す、平均をとる。

はちみつは「セブンプレミアム純粋はちみつ」
洗濯のりは「ハイクリーチ」を使用

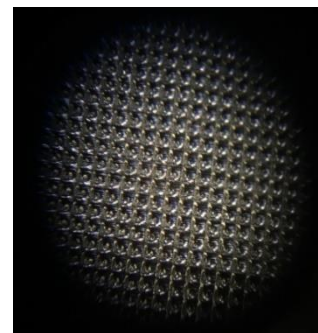


図4 くっつきにくい
アルミホイル
顕微鏡写真×40



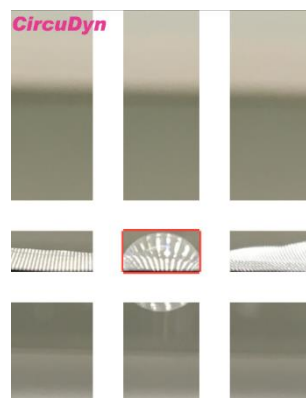
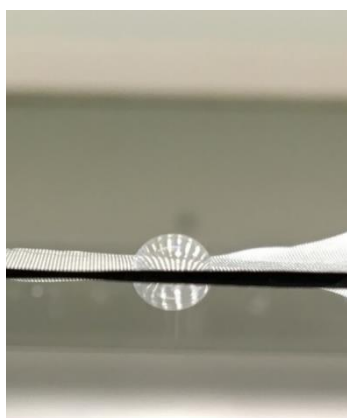
図5 実験装置

くっつきにくいアルミホイルとは表面に凹凸構造の施されている液体をはじく製品である。

右の自作した粘度計を使用して粘度を計測した。粘度の比較の際に使用することが出来る。粘度計を購入することも考えたが、「落下式粘度計」について調べていくと自作可能と考えたため、図5の装置を自作した。メスシリンダーに厚紙で作ったストッパーを取り付けている。メスシリンダーに測りたい液体を

注ぐ。上部に鋼球をのせ、飛び出ている紙を引き抜くと鋼球が落下する。落下式粘度計の原理から粘度が高ければ高いほど、ものが沈み込む時間も長くなると考えたため、下に落ちるまでの時間を計測した。

また、接触角測定アプリ「CircuDyn 接触角測定ツール」を使用したためその使用方法についても説明する。まず、液体を物体に垂らし、物体と同じ高さから液体の写真をとる。(左写真)そして、右写真のように液体が収まっている範囲を画面で選択する。すると、このアプリが自動で接触角を計算してくれる。



(6) 結果

図6は「落下式粘度計」で計測した値。数値（落下に要した時間）が大きい方が、粘度が大きい。

加えた水の量(g)	0	5	10	15
1回目	4.06	0.99	1	0.56
2回目	4	1.5	1.1	0.5
3回目	4.4	1.6	1	0.6
平均	4.15	1.36	1.03	0.55

図6-1 はちみつの粘度（単位：秒）

加えた水の量(g)	0	5	10	15
1回目	2.4	1.9	1.2	0.9
2回目	2.5	1.7	1.1	0.8
3回目	2.3	1.6	1.2	0.8
平均	2.40	1.69	1.14	0.80

図6-2 洗濯のりの粘度（単位：秒）

一方、図7は垂らしたときの接触角の値で、単位は度だ。数値が大きいほど、良くはじくことを示している。

加えた水の量(g)	0	5	10	15
1回目	73.2	74.8	76.4	82.7
2回目	76.2	86.0	84.4	85.4
3回目	76.7	79.8	84.6	81.6
平均	75.37	80.20	81.80	83.24

図7-1 はちみつの接触角（単位：度）

加えた水の量(g)	0	5	10	15
1回目	73.7	72.4	72.4	72.7
2回目	73.3	75.7	78.7	78.3
3回目	74.1	73.6	72.7	73.3
平均	73.70	73.91	74.59	74.77

図7-2 洗濯のりの接触角（単位：度）

(7) 考察

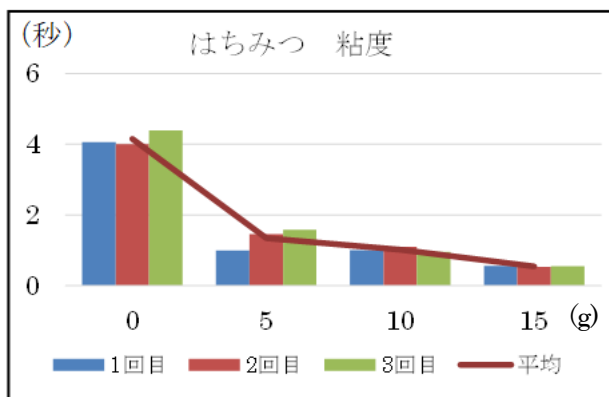


図8-1 はちみつの粘度（単位：秒）

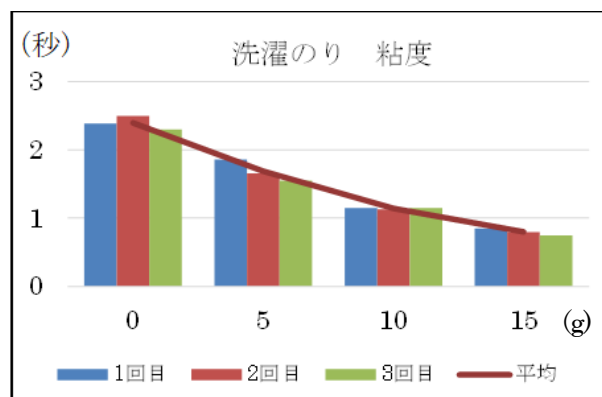


図8-2 洗濯のりの粘度（単位：秒）

図6、図8より水を加えていくことで粘度を下げていくことが出来ると分かる。水を加えることは粘度を下げる方法として有効であると考えられる。

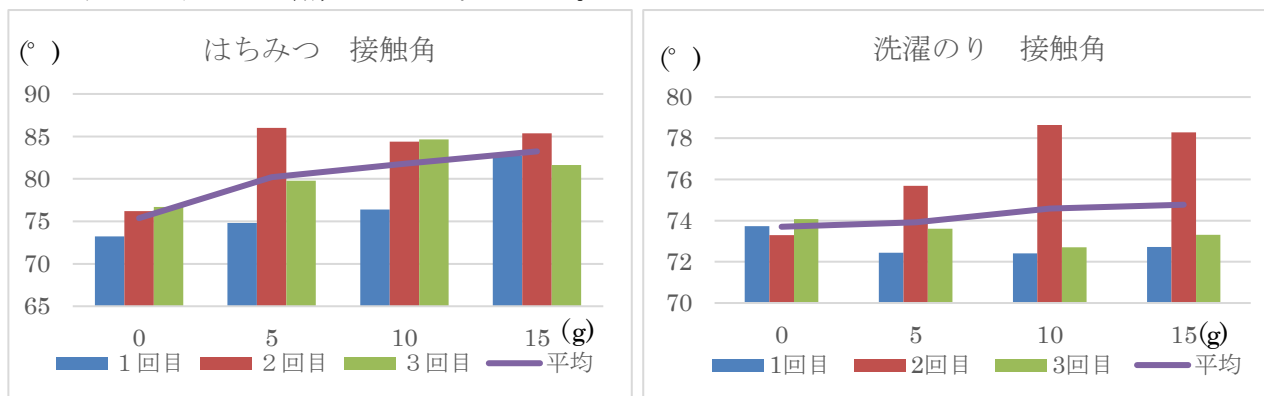


図9 図7の実験データのグラフ (横軸は加えた水の量を表している。)

図7のデータをグラフにしたものが図9になる。縦軸は接触角を横軸は加えた水の量を表している。ここから僕は、水を加える量を増やす(グラフが縦軸から横軸へ)と接触角は上がっていく傾向にあると考えた。また、水よりも粘度の高い液体の方が接触角が大きい。そのため仮説は正しかったと考えられる。また、はちみつは0gから5gにかけて接触角が大きく増加している。粘度のグラフ(図8)と照らし合わせると、関係性が非常にわかりやすい。

(8) 結論

- ・液体に水を加えていくと粘度を下げていくことが出来る。
- ・粘度が高いほど液体ははじかれにくい。

4 研究③

(1) 研究テーマ

結合において水素はどのような意味を持つのか

(2) 動機

研究②ではじかれる液体について視点を変えて考えてみる中で、静大工学部の下村先生とお話をさせて頂く機会がありその際、液体の界面などで「分子がどのように動いているのか」ということについて考えながら実験をするといいい、ということを教えて頂いた。その中で自分が思いついたのが「結合」だった。水素結合などは聞いたことがあった、くらいだったので、書籍などを読み、そのうちに疑問が出てきて、このテーマで研究を行うことを決めた。何故水素結合という名前なのか、水素があればはじかれやすいのか疑問に思った。

(3) 事前調査

まだ自分の中で水素結合への理解が深まっていなかったため、書籍を使って自分なりに調べ解釈した。水素結合とは、水分子の中で電荷が偏り(電離し)、水素は+酸素は-の電気を帯びるため引き合う力が発生する。(図10 黄色線) この力が水素結合だ。

これがたくさんの分子間で行われることによって強い力になっていくと考えた。電荷が偏る理由としては、電気陰性度の差が大きい

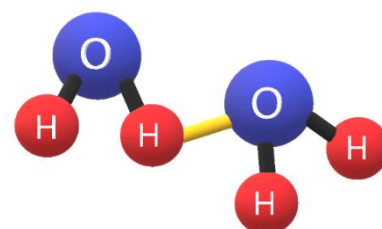


図10 水素結合モデル図

また水素結合の起きている物質は、水・フッ化水素・アンモニアの3つである。

5 研究④

(1) 研究テーマ

何故塩酸は水素結合をしていない部類に含まれるのか

(2) 動機

水素結合は電気陰性度の差によって強さが変わってくることが分かった。そこで、水素結合ではないが原子の電気陰性度に差がある水素結合していない液体はどうはじくのか疑問に思い実験してみることにした。その液体は塩酸である。

(3) 仮説

アンモニアや水と同じくらい塩酸はよくはじく

水素結合の原理から考えて、電気陰性度の差のみが影響していると考えたから。塩酸の水素と結合しているCl（塩素）の電気陰性度は3.2である。この塩素の3.2というのは窒素3.04と同じくらいやそれ以上の強さである。そのため、HClの塩酸も接触角が高いと考えられる。

(4) 方法

研究③と同じ手順で、使用する液体を塩酸に変えて実験を行う。濃度は35%で実験した。

(5) 結果

接触角の結果は下の図13のようになった。

回数	1回目	2回目	3回目	平均
塩酸	80.27	87.84	95.58	87.9

図13 塩酸の実験における接触角(単位:度)

(6) 考察

エタノールやメタノールと比べれば電気陰性度の差が比較的あったためはじいたと考えられる。

窒素よりも塩素の方が電気陰性度が高いのにアンモニアよりもはじかれなかったのは、水素と他原子の割合が関係していると考えた。極性があることで、分子間で引き合う力が生まれはじく。この時にアンモニアはHが3つあり、繋がれる分子数が塩酸よりも多いことからよくはじいたのではないかと考えた。

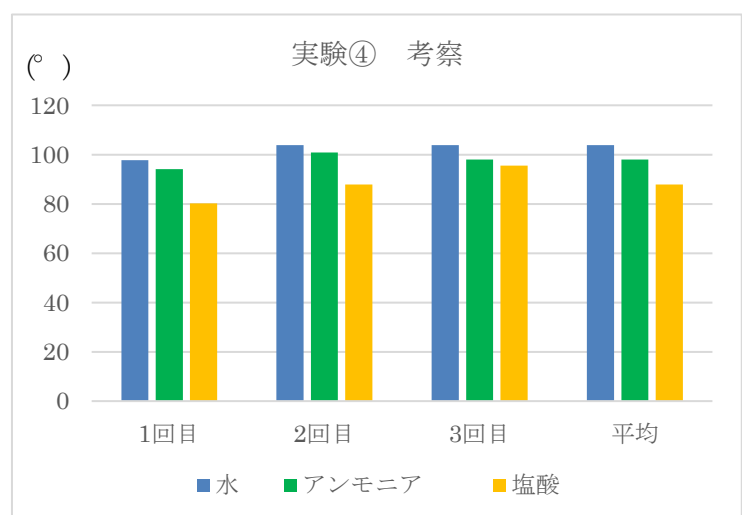


図14 塩酸と水・アンモニアとの比較

(7) 結論

つまり、はじかれやすさには電気陰性度の差に加えて「水素と他原子の割合」も関係しているといえる。電気陰性度の差が大きいほど、水素に対して他原子の割合が大きいほど、水素結合の力は大きくなるといえる。

6 研究のまとめ

- (1) 水をはじく植物の表面構造の観察から、凹凸構造は水をはじきやすく、これは水を浮かしてはじいているということが分かった。
- (2) 液体の粘度は水を加えていくことで下げることが出来、また粘度が高い液体ほどはじかれにくいということが分かった。
- (3) 水素結合は電気陰性度の差で起こり、水素は電気陰性度が低くその分結合が強くなりやすい。
- (4) 水素結合の強さには、電気陰性度の差の他に、水素原子と他原子の割合も大切になると考えられる。これは水素に対して他の原子の割合が大きいほど、つまり結合の起こる分子数が多ければ多いほど結合の本数(図10の黄色棒)が増えるからだと考えられる。つまり、
 - ・はじきやすい素材は、「凹凸構造が施された素材」
 - ・はじかれやすい液体は、「構成する原子の電気陰性度の差が大きい」「水素に対して他原子の割合が大きい」という特徴を持つ。

7 感想と今後の展望

今年度の研究は昨年度に引き続いての、はじかれる「液体」に関しての研究だった。その中でも、今年は「化学的」な視点を特に重視して、水素結合やファンデルワールス力といった目に見えない結合の力について迫っていくことが出来た。また違うタイプの実験が出来て素直に楽しかった。

また、今後の展望としては「どのように結合の力を上げるのか」ということに迫っていききたい。例えばファンデルワールス力ならば電子のやり取りをどう促進させるのか、そういった視点ではじくことについて迫っていききたいと考えている。

8 参考文献

二見太郎(2020)「二見太郎の早わかり化学化学基礎+化学」 学研プラス