

平成 26 年度（第 52 回）

特別賞受賞作品

愛媛県知事賞

はんぎりの研究

愛媛県教育委員会教育長賞

空気中の酸素って何パーセント？

タンポポの花軸の運動をさぐる －「たんぽぽのちえ」の検証－

愛媛県教育研究協議会長賞

紙飛行機をまっすぐ飛ばすための工夫

ミミズの熱中症に関する研究

愛媛県高等学校教育研究会長賞

オカダンゴムシの集合行動と集合フェロモンについての研究Ⅱ

インジゴカルミンの信号反応の研究

はんぎりの研究

松前町立岡田小学校 第5学年 菊池 戒
指導教諭 眞鍋 昌宏

1 研究の動機

4年前、ぼくが住んでいる松前町の夏祭りで初めてはんぎりを見ました。たらいのようなものになり、ゆらすだけで前に進んでいく様子を見て、とても不思議に思いました。それから、いつかこのはんぎりについて研究し、速く進むコツを見つけて、大会で1位をとることを目指そうと思いました。

2 研究の実際

(1) はんぎりをこぐ様子を記録する。

- はんぎりの練習をしている様子(写真1)を9人分、プールの横からビデオ撮影する。
- 透明シートを切る。
- 再生した映像をコマ送りにする。
- 画面に、ビデオカメラのモニター画面の大きさに合わせて切った透明シートを重ね、1コマごとにマジックではんぎり・水面・こいでいる人の体を簡単に描き写す。



(写真1)

(2) 9人のうち6人が、10秒間に11回という同じ速さでこいでいるのはなぜだろう？

【予想】はんぎりが自然にゆれるリズムと同じなのかもしれない。

【実験】はんぎりを水に浮かべたときのゆれ方を調べる。

- ① はんぎりだけを水に浮かべて、10秒間に何回ゆれるかを調べる。
- ② はんぎりに自分一人が乗ってじっとしているとき、10秒間に何回ゆれるかを調べる。
- ③ 重い人が乗った場合の代わりに、自分と6 kgのおもりを乗せて、10秒間に何回ゆれるかを調べる。

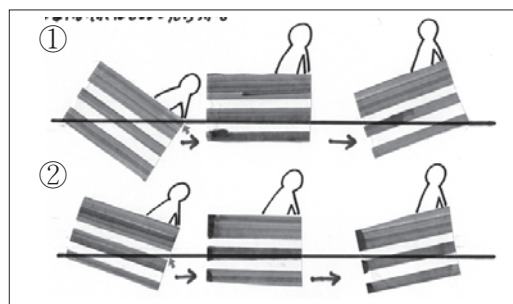
【結果】①②③すべて10秒間に10回の同じリズムだった。

【考察】はんぎりがゆれるリズムより少し速くこぐのがよいのかもしれない。実際に、11回以上こいでいる人はタイムが速く、10回以下の人はタイムがおそい。

(3) はんぎりをこぐ回数が1番多いDさん(13回/10秒)の順位が1位ではない。それはなぜだろうか？

【観察】① A・B・C・Eさん(11回/10秒)のこぎ方

前を押したとき、水が入りそうなくらいまで、かたむいている。上の白いラインは水に入って見えない。(図1①)



(図1)

② Dさん（13回／10秒）のこぎ方

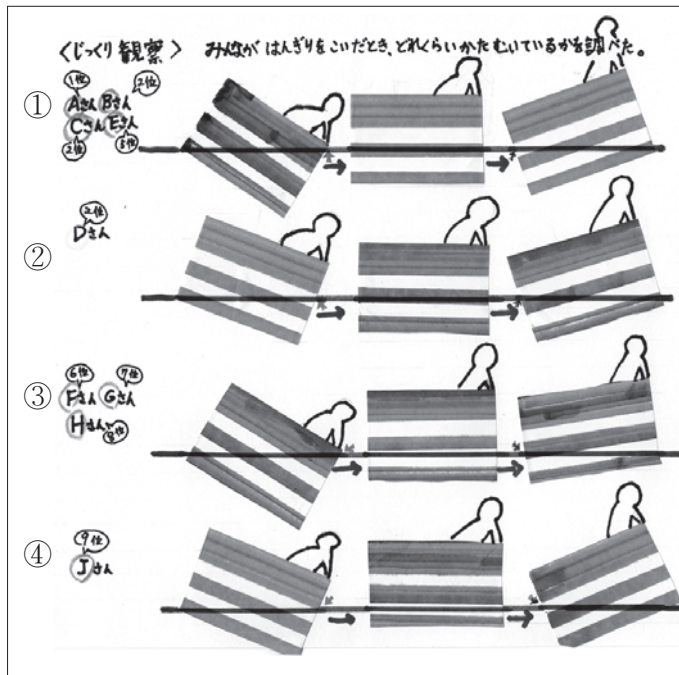
1番前にたおれたときも、上の白いラインが見えている。

【考察】Dさんは、はんぎりのかたむけ方が小さいので、速くこいでも1位ではなかったのだろう。

はんぎりをこぐ回数だけではなく、かたむけ方も速さに関係あるのではないか。

(4) はんぎりは、どのくらいかたむければよいか？

【観察】かたむきの大きさ 大：レベル1 中：レベル2 小：レベル3



(図2)

① A・B・C・Eさん (図2①)

前のかたむき …レベル1

後ろのかたむき…レベル2

② Dさん (図2②)

前のかたむき …レベル2

後ろのかたむき…レベル3

③ F・G・Hさん (図2③)

前のかたむき …レベル1

後ろのかたむき…レベル3

④ Iさん (図2④)

前のかたむき …レベル2

後ろのかたむき…レベル2

【考察】全員、前を押したときの方がかたむきが大きく、特に、タイムが速い人は、レベル1の水が入りそうなくらい前にかたむけている。

こぐ回数は多いがタイムがおそいDさんは、前に押したときのかたむきが小さい。

タイムがおそいIさんは、前も後ろもかたむきが小さく、前のかたむきと後ろのかたむきのちがいが小さい。

(5) 前のかたむきと後ろのかたむきを同じにしたらどうなるだろうか？

【実験】前と後ろのかたむきが同じになるようにこいでみる。

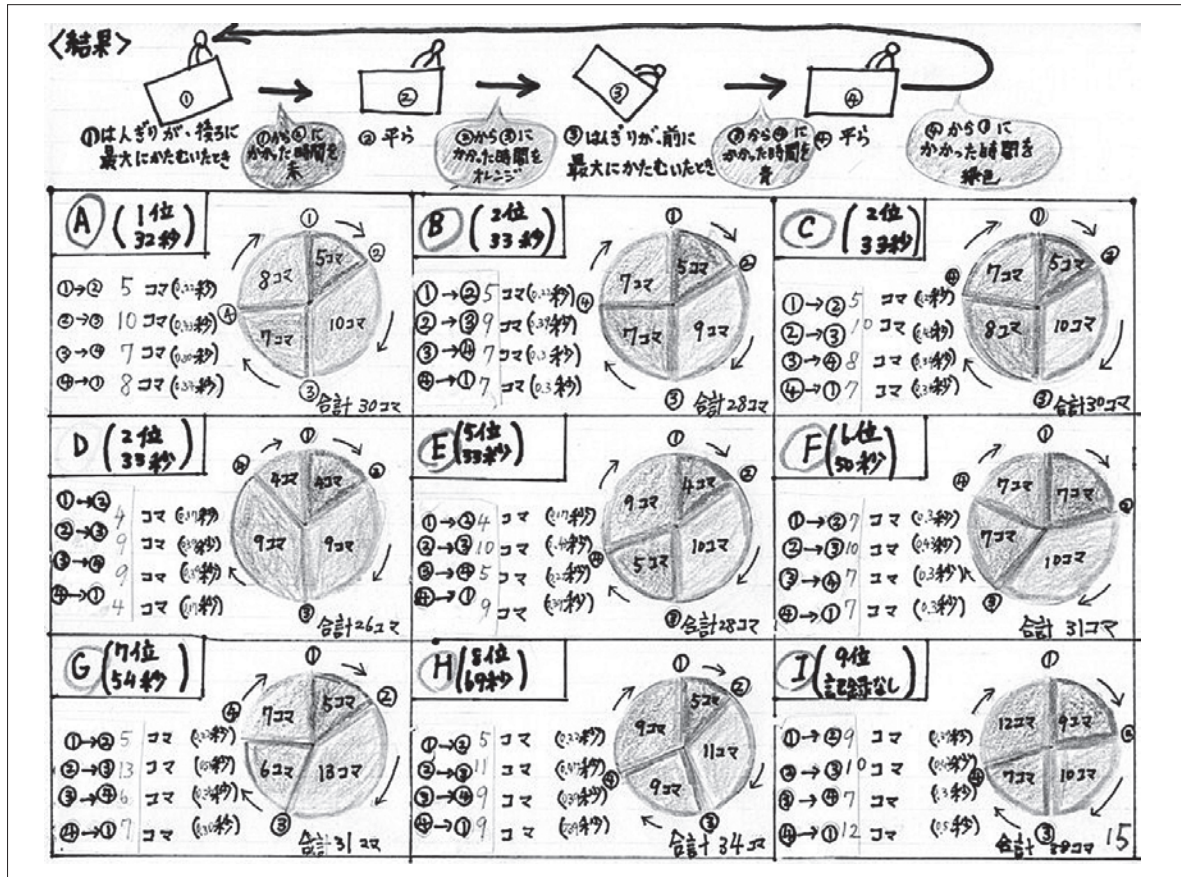
【結果】前と後ろのかたむきが同じになると、こいでも前に進まない。

【考察】かたむきが大きくなるようにこぐと速く進む。また、後ろよりも前のかたむきの方がより大きくなるようにこがないと前に進まない。

(6) はんぎりは、どのようなリズムでこぐとよいか？

【観察】FさんとGさんのこぐ様子をじっくり観察していると、ほんの少しだが他の人とリズムがちがうことに気付いた。そのちがいははっきりさせるために、ビデオをコマ送りで再生し、それぞれの動作にかかる時間を測った。(図3)

【結果】



(図3)

【考察】 A・B・C・D・E・Iさんは、乗り手が前を押している時間と、はんぎりの前が上がってくる時間が全く同じになっている。

F・G・Hさんは、乗り手が前を押している時間とはんぎりの前が上がってくる時間が、2～5コマ (0.086秒～0.215秒) ちがっている。このため、バランスが悪く、波にうまくのれていないから、タイムがおそくなっているのだと思う。

この結果から、はんぎりの前を押している時間と、はんぎりの前が上がってくる時間が同じになるようにこぐと、速く進むことが分かる。ただ、1秒よりも短い時間での動きなので、それを考えて動くことはむずかしい。自分のはんぎりに乗った感覚では、無理に押したり引っ張ったりせず、うまく波にのって押すと、自然に二つの動きの時間が同じになるように感じた。

(7) はんぎりのどこに立つとよいか？

【実験】 いろいろな位置に立ってこいでみる。

【結果】 はんぎりの前から4分の1くらいのところに立つと、速く進む。真ん中よりも後ろに立ってこぐと全然進まない。

(8) はんぎりをこぐときは、手と足をどのように動かせばよいか？

【実験】 ① 手だけ、足だけではんぎりをこいでみる。

② 手の動きを押す動きから引く動きに変えてみる。

③ 足を伸ばしたときのこしの高さを変えてみる。

【考察】手で押すだけでもはんぎりは進むが、足の曲げ伸ばしだけでは全く進まない。
手は、引く動きでは進まない。また、しせいが低い方がバランスをとりやすい。

(9) ロボットがはんぎりをこぐ速さは？

研究したことを応用して、モーターやギアボックスではんぎりロボットを作り、これまでの実験の結果を確かめる。(写真2)

【予想】はんぎりの自然なゆれよりも速くこぐといいだろう。

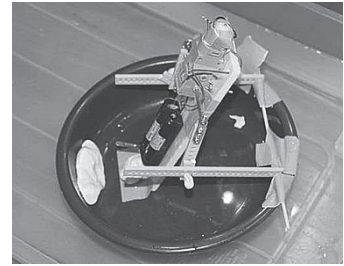
【実験】電池の数を変えて、ロボットがはんぎりをこぐ回数のちがいが、速さのちがいになるかを調べる。

【結果】① 電池1個 7回/10秒 進まずにゆれるだけ

② 電池2個 13回/10秒 スムーズに進んだ

③ 電池3個 測定不能 水が入り、失敗

【考察】電池を3個にしたときは、速く進んでいるように感じた。水が入らないようにロボットを改良して、また調べてみたい。



(写真2)

(10) ロボットが立つ位置はどこがいいのか？

【予想】はんぎりの前から4分の1のところに立てるといいだろう。

【実験】ロボットを立てる位置を、前・真ん中・後ろに変えて進ませる。

【結果】① 前から4分の1…前にたおれてしまい、水が中に入って失敗。

② 真ん中…スムーズに進んだ。

③ 後ろ…全然前に進まない。

【考察】予想とちがって、はんぎりの前の方にロボットを立てると、重さでたおれてしまった。バランスを改良してみるといいのかもしれない。

3 感想

ぼくが初めてはんぎりに乗ったときは、全然前に進むことができませんでした。でも、研究を進めていくうちに、とてもたくさんの方が関係してはんぎりが進むことが分かり、少しずつ速く進むためのコツをつかむことができました。自分が不思議に思ったことが、実験をして確かめられていくということは、とてもうれしかったです。特に、ビデオをコマ送りしてみて、速く進む人は、はんぎりの前を押す時間と前が上がってくる時間がぴったり同じだということを見つけたときは、本当にびっくりしました。

研究を始めたときから、はんぎりをこぐロボットを作りたいと思っていたので、大変だったけど、がんばって作りました。ロボットを後ろの方に立てたり、こぐ回数が少ないと進まなかったりと、人が乗ったときと同じ結果になったのはうれしかったです。研究してみると、はんぎりをこいで前に進むという動作は、思っていた以上にふくぎつだということが分かったので、まだまだ満足のいくロボットはできていません。これから、研究したことを応用して、ロボットにいろいろな改良を加えたいです。

一番残念だったのは、「まさき町夏祭り」が台風で中止になり、はんぎり競漕大会で研究の成果を確かめられなかったことです。けれど、プールでのはんぎりの練習も、はんぎりについてのいろいろな研究も、とても楽しくすることができました。

空気中の酸素って何パーセント？

今治市立日吉中学校 第2学年 越 智 悠 斗
指導教諭 高 橋 誠

1 はじめに

動物や植物は呼吸をしている。僕たち人間も空気中から酸素を吸っている。空気中には酸素が約21%、窒素が約78%含まれているといわれている。空気中に約21%しか酸素は含まれていない。だから僕たち人間は空気中から酸素だけをより分けて身体に取り入れている。そこで、いつでも、どこにでもある空気の中に本当に酸素が21%しか存在しないのか確かめた。

2 実験方法

空気全体や酸素の粒を数え、割合を見つけ出せばよいのだが、これらの粒には色もなく、粒が小さすぎて顕微鏡でも見ることはできない。そこで、思いついたものが「使い捨てカイロ」だ。カイロは酸素を取り入れて熱を発生するということを思い出した。中身を調べると、黒い粒が入っていて、主な成分は鉄粉だということが分かった。使い捨てカイロが発熱するのは、この鉄粉が空気中の酸素とゆっくりふれ合うことで起こるためだ。そこで、使い捨てカイロを使って空気中の酸素の割合を調べるために、次のような実験方法を考えた。

- (1) 500mlのペットボトルの内体積を求める。
- (2) ペットボトルに入れる使い捨てカイロの体積を求める。
- (3) ペットボトルに使い捨てカイロを入れる。
- (4) ペットボトルを24時間、常温で放置する。
- (5) ペットボトルが縮んだ体積を測定する。

2ℓのペットボトルの上部を切り取り、その中に24時間放置した後のペットボトルを入れ、水をいっぱい入れる。そのあと、同じ種類の変化していないペットボトルを入れる。このとき、あふれて出てきた水の体積を測定することで、ペットボトルの縮んだ体積を求める。

$$\text{鉄粉が吸収した酸素の体積} = \text{あふれた水の体積}$$

- (6) 空気中に存在する酸素の割合を計算する。
 - (1)・(2)・(5)の測定結果から空気中に存在する酸素の割合を求める。

$$(5) \div ((1) - (2)) = \text{酸素の割合}$$

- (7) (1)～(6)の実験を空気だけでなく、他の気体を用いて行う。

空気の成分の中には、二酸化炭素や窒素も含まれている。そこで、酸素や二酸化炭素、窒素を充満させたペットボトルの中で同じ実験を行うと、どのような変化が起こるか実験で確かめた。

【予想】

- ① 酸素を充満させたもの
 - ・ 空気よりも酸素が多いので、発熱も大きい。
 - ・ ペットボトルの体積は大幅に減る。
- ② ペットボトル内でろうそくを燃やしたもの
 - ・ 酸素がないので発熱はしない。
 - ・ ペットボトルの体積も減らない。
- ③ 二酸化炭素を充満させたもの
 - ・ 酸素がないので発熱はしない。
 - ・ ペットボトルの体積も減らない。
- ④ 窒素を充満させたもの
 - ・ 酸素がないので発熱はしない。
 - ・ ペットボトルの体積も減らない。

4 準備物

500mlのペットボトル、2ℓのペットボトル、使い捨てカイロ、白い容器、500mlの計量カップ、メスシリンダー、じょうご、ピンセット、ろうそく、気体ボンベ（酸素、二酸化炭素、窒素）

5 実験を効率よく行うためのアイデア

(1) 鉄粉を素早くペットボトルに入れる方法

黒い粉を素早くペットボトルに入れないと、ペットボトルの外の空気中の酸素と反応が起こってしまう。そこで、黒い粉を入れる方法を検討した。

- ① スプーンを使って入れる。
時間がかかり、外で空気中の酸素と反応してしまう。入れるとき飛び散った。
- ② ろうとを使って入れる。
あまり飛び散らなかったが、筒の部分に黒い粉が詰まり、入らなかった。
- ③ ペットボトルを切ったろうとを使って入れる。
黒い粉は飛び散らず、短時間で下のペットボトルにあっという間に落ちていく。

実験では、ペットボトルを切断したものを用いて、素早く鉄粉を移動させた。

(2) 空気以外の気体がペットボトルから逃げるのを防ぐ方法

二酸化炭素や酸素、窒素の中に黒い粉を入れるとき、入れた気体が逃げってしまうので、気体を入れたあとティッシュペーパーでふたをした。そして、黒い粉を入れるときに割り箸でティッシュペーパーを破り、中の気体が外に出るのを防いだ。

6 実験内容及び結果

(1) 500mlペットボトルの内体積を測定する。

使用するペットボトルに口までいっぱい水を入れて、水の量を計測する。

〔結果〕

計量カップに500ml→500cm³

メスシリンダーに 20.0cm³

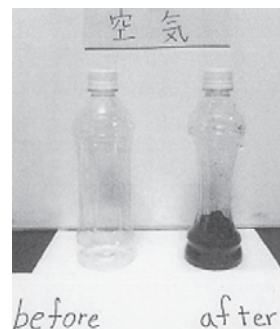
合計 520cm³

500mlペットボトルの中に520cm³の空間があります。

- (2) ペットボトルに入れる使い捨てカイロ（2袋）の黒い粉の体積を測定する。

使用する黒い粉の体積 100cm^3

- (3) ペットボトルに使い捨てカイロの黒い粉を入れ、放置する。
入れた後、軽く振っているとだんだん熱くなってきた。
しばらくすると、「バコッ！バコッ！」と音を出し、ペットボトルがへこみだした。鉄と酸素が激しく反応していることが分かる。30分ほどすると、ある程度までペットボトルはへこんだ。10時間もたった真夜中に突然「バコッ」と音がしたのはさすがに驚いた。



- (4) ペットボトルが縮んだ体積を測定する。

白い容器にたまった水＝ペットボトルが縮んだ体積＝鉄粉が吸収した酸素の体積

鉄粉が吸収した酸素の体積 81.0cm^3

- (5) 空気中に存在する酸素の割合を算出する。

- ① ペットボトルの空気の体積＝ペットボトルの内体積－黒い粉の体積
 $= 520.0\text{cm}^3$ （6(1)より）－ 100cm^3 （6(2)より）

ペットボトル内の空気の体積 420.0cm^3 ……あ

- ② ペットボトル内の酸素の体積

酸素は鉄粉と反応してなくなったと考え、ペットボトルが縮んだ体積が酸素の体積であると考え、6(4)より

酸素の体積 81.0cm^3 ……い

- ③ 酸素の割合の算出

$$\begin{aligned} \text{①} \cdot \text{②より、空気中の酸素の割合} &= \text{い} \div \text{あ} \times 100 = 81.0 \div 420.0 \times 100 \\ &= 19.28 \div 19.3 \end{aligned}$$

空気中の酸素の割合 19.3%

この数字は、参考書などで見た数字に近いのでうれしかった。

- (6) 空気以外の気体を用いて6と同様の実験をする。

気体ボンベは5秒間ペットボトルへ噴出させた。

- ① 酸素を充満させたペットボトルで実験する。

空気中の酸素の割合 76.7%



100%を期待していたが、ペットボトルが柔らかくなく、元の形をくずさない力がはたらき、真空の部分ができてしまい、気体はないのに体積がある状態ができたためと考えられる。

- ② ロウソクの火を燃やしたあとの気体で実験する。

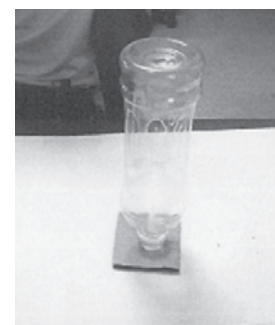
ロウソクに火をつけ、ペットボトルを逆さにかぶせて火が消えるまで待ち、ペットボトル内の酸素をなくした。

空気中の酸素の割合 17.9%

二酸化炭素を用いてもペットボトルがへこんだ。とても不思議だった。

- ③ 二酸化炭素を充満させたペットボトルで実験する。

空気中の酸素の割合 75.2%



- ④ 窒素を充満させたペットボトルで実験する。

空気中の酸素の割合 3.3%

24時間放置しても、何回ペットボトルを振っても発熱しなかった。

7 測定結果のまとめ

気 体	空気	酸素	ろうそくを 燃やした気体	二酸化炭素	窒素
内体積 (cm ³)	420	420	420	420	420
減少した体積 (cm ³)	81.0	322.0	75.0	316.0	14.0
酸素の割合 (%)	19.3	76.7	17.9	75.2	3.3
発熱量	中	大	中	大	なし

[わかったこと]

- 空気中の酸素の割合は19.3%である。参考書では、20.9%なので、ほぼ同じ数字が算出できてうれしかった。
- たくさんの酸素が入ったペットボトルでは、鉄粉は激しく酸素と反応した。
- 使い捨てカイロの鉄粉は、二酸化炭素の中でも反応した。
- 鉄粉は窒素とは反応しない。

8 考察

(1) 二酸化炭素の還元

使い捨てカイロが二酸化炭素の中でも反応して、熱を発生することができているのは、おそらく二酸化炭素の中の酸素の成分を使っているからだと思う。

(2) 使い捨てカイロ

鉄がゆっくり酸素と結びつくとサビになり、熱は発生しない。しかし、急激に酸素と結びつけさせると、熱が発生した。

(3) 質量保存の法則

ペットボトルに使い捨てカイロを入れた瞬間の質量と、24時間経過したものの質量を測定した。質量は同じだった。質量保存の法則が成立した。

9 感想

この理科実験を行って、分かったことやびっくりしたことがたくさんあった。ペットボトルに酸素を充満させ、使い捨てカイロを中に入れると、火傷するくらい熱く、ペットボトルの幅が5 mm位までへこんだことにびっくりした。

二酸化炭素の中でも使い捨てカイロが発熱し、ペットボトルがあんなにへこむことは予想できなかった。二酸化炭素から酸素を取り出し、発熱するパワーが使い捨てカイロにあることはとても驚いた。

PM2.5や放射能など、環境問題が新聞やニュースで取り上げられている。しかし、自分自身で直接それらの問題に接したわけではない。それらの問題に取り組むきっかけとして、空気の成分を研究したのはとても有意義だった。

タンポポの花軸の運動をさぐるー「たんぽぽのちえ」の検証ー

愛媛大学教育学部附属中学校 第3学年 和田 幹
指導教諭 辻 井 修

1 動機

小学生のころ、姉の教科書に「たんぽぽのちえ」という文章があった。この文章は、タンポポが沢山の種を拡散して繁殖していくためにさまざまな知恵を働かせているというもので、その内容は、

- 花がしぼんだ後、花の軸は倒れ、綿毛ができる頃に起き、伸びる。
- 晴れた風の日に綿毛が開き、湿った日や雨の日はすぼんでいる。

というものであった。

そこで、この知恵についての観察を思い付き、この研究に至った。

2 目的と成果の予想

- (1) 「たんぽぽのちえ」にある知恵について、タンポポを観察し、実際の状況を確認する。
- (2) 「たんぽぽのちえ」に表現されたもの以外の知恵について、観察により見つけ出す。
- (3) 花軸の動きや伸びなどの状態が気象と関連していることを予想する。

3 研究の方法

- (1) 気象に関連するため、試料は家の庭に繁茂するものを使用する。
- (2) 観察間隔を長くとることが可能なものは、主に休日を利用する。
- (3) 気象データは、松山地方気象台のものを利用する。

4 材料・道具

付箋紙（フィルム様）、直定規（30cm）、竹ひご（目盛りを付けて長さの測定に使用）、ノート等筆記用具、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、蚊取り線香等の虫よけ

5 観察内容と方法

(1) 花と葉の発生数等の観察

- ・ 葉の数が多くなく、健全で、大きさの異なる3株を選定した。
- ・ 付箋に番号を記載し、葉や花軸にくぐらせ、個体を区別する。
- ・ データの整理は、観察時刻を基に次のように整理する。

観察時刻（日時分）ー葉の枚数（枚）

観察時刻（日時分）ー葉ごとの長さ（cm）

観察時刻（日時分）ー花の数（個）

(2) 花（綿毛）の状態と花軸の運動の観察

- ① 花軸（花の付いている茎の部分）の伸び方や動きは、「たんぽぽのちえ」などをもとに次の段階順序を想定して観察する。

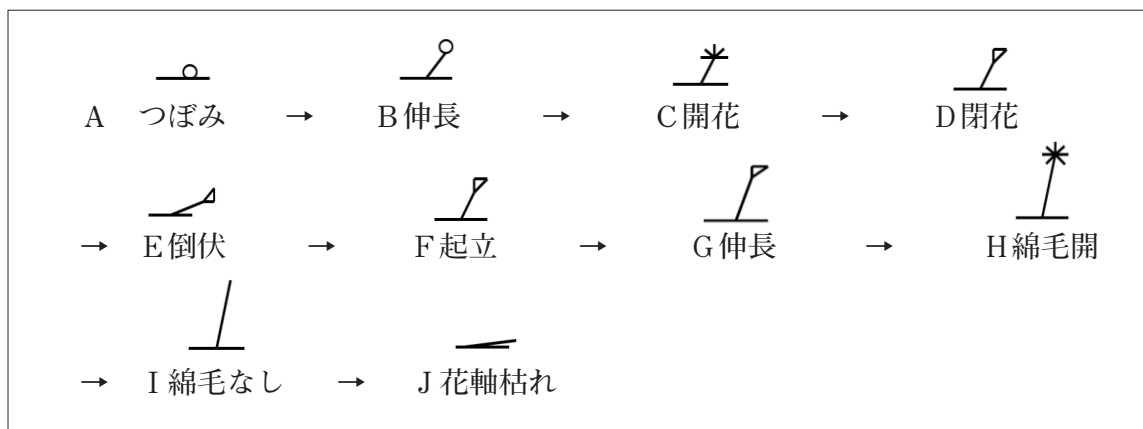


図1 花軸の段階順序の想定

- ② 花軸の伸びや動きの測定は、軸の付け根から軸部分の長さと高さを、また、軸の頂部から基部までに印をつけて区分し、伸びる部分を調べた。

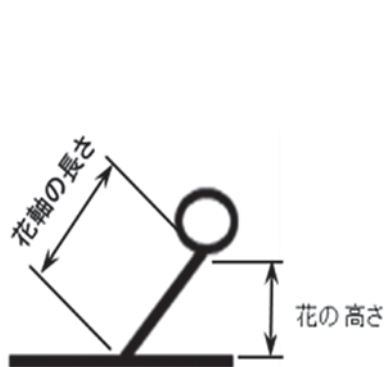


図2 花軸の測定位置

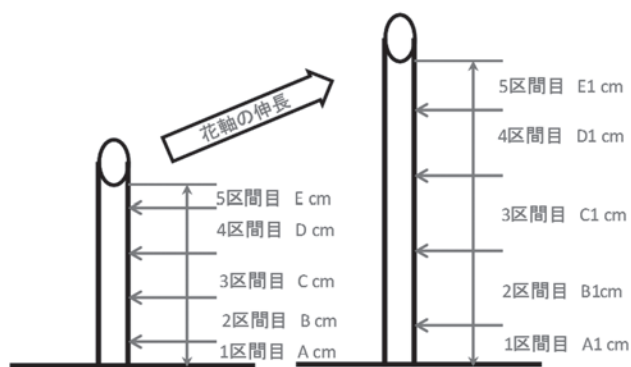


図3 花軸の伸び測定イメージ

6 観察結果と考察

(1) 観察対象としたタンポポの株



図4 庭のタンポポの様子 (2014/8)

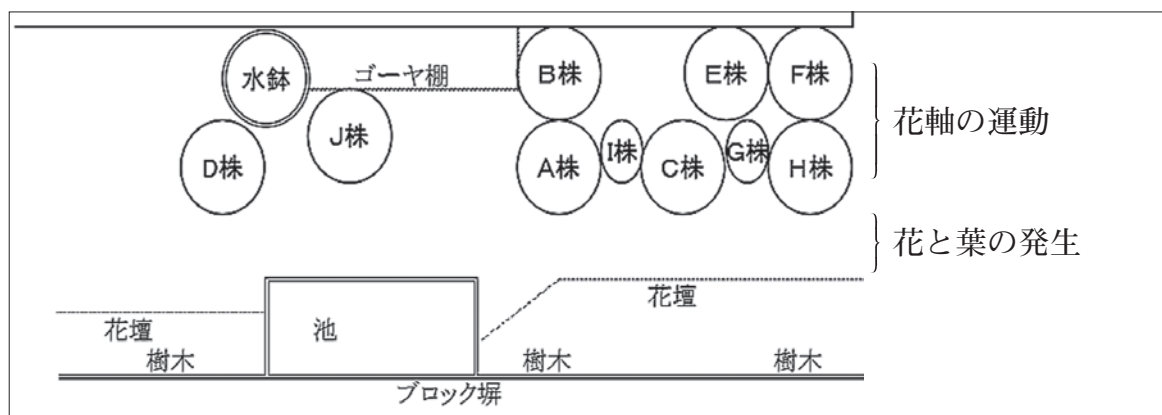


図5 観察内容によるタンポポの株の区分

(2) 花と葉の発生数等の観察結果と考察

- ・ 葉の枚数は、暑い時期、寒い時期に減少する。葉がダメージを受けることを避けているのではないかと想像する。
- ・ 葉の平均長さは年間で増減する。
- ・ 葉の平均長さが長くなり始めるとつぼみができ始め、日平均気温が15℃を超える頃、できなくなる。

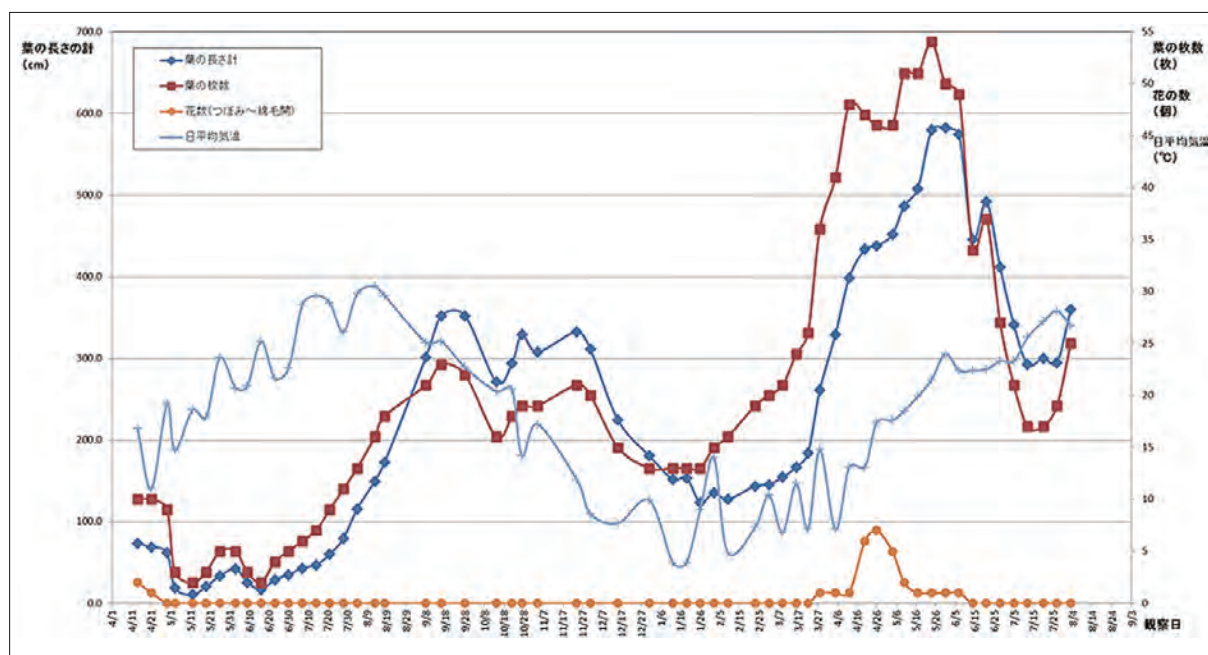


図6 葉の数、平均長さ、花の数

(3) 花（綿毛）の状態と花軸の運動の観察結果と考察

- ・ 花軸の起立は、上下動を繰り返しながら。
- ・ 花軸が起立し終わるまでに綿毛が全開する。
- ・ 花軸の伸長は、花軸の起立と花軸先端部付近の伸長によって花頭部が高くなる。

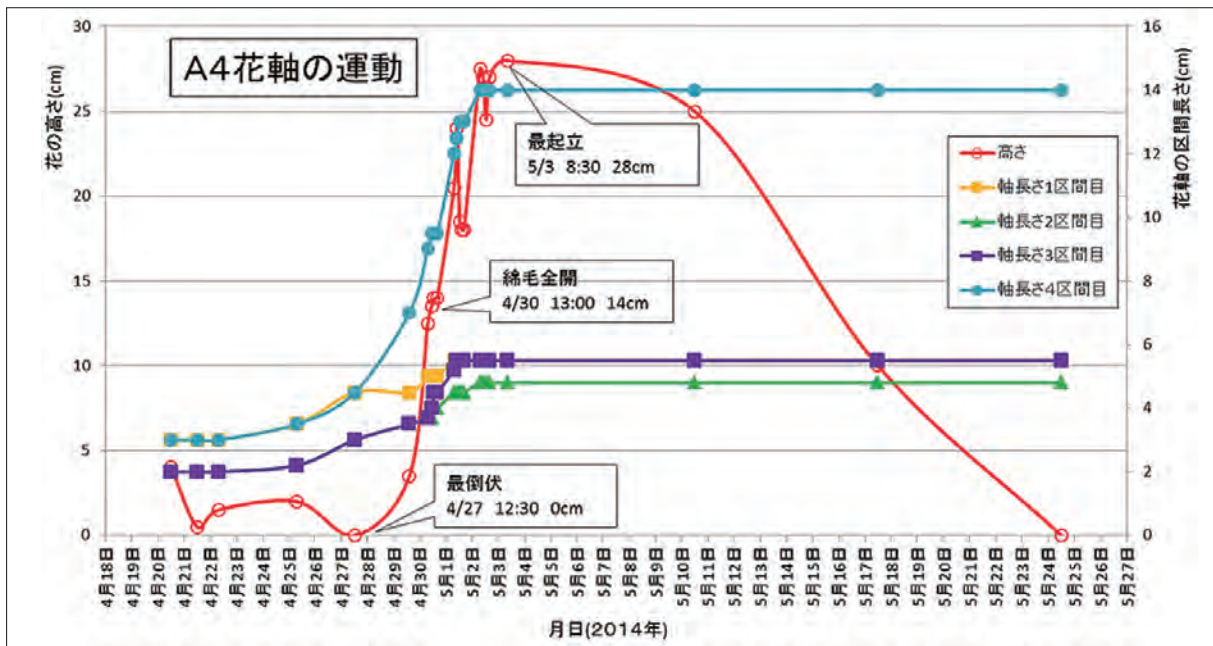


図7 花軸の運動の様子（A 4 株）

(4) 花（綿毛）、花軸の状態と気象条件についての観察結果と考察

綿毛が全開する時期は、気温が高く湿度が低い昼前後で、気温が最高値になる前には全開しており、また降雨のない日である。これは、その後の湿度の低下を見越しているように見える。

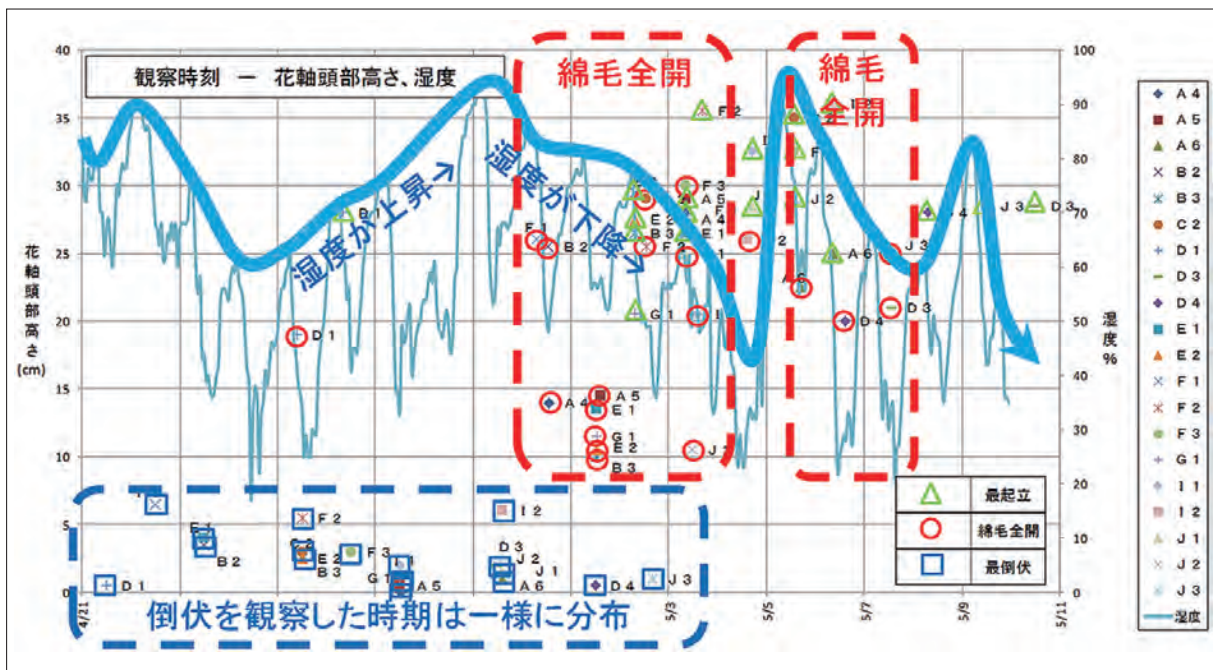


図8 綿毛全開時期の調節状況

7 感想

一年間の観察を続け、タンポポの不思議な生態を見ることができたことは感慨無量であるが、成し遂げられたのは、観察の補助をしてもらった家族のおかげである。この場を借りお礼を申し上げる。

紙飛行機をまっすぐ飛ばすための工夫

松山市立高浜小学校 第3学年 佐藤 源
指導教諭 金本直美

1 研究の動機

ぼくは、NHKの『スゴ技』という番組で「紙飛行機をまっすぐ飛ばす」というのを見た。しかし、飛ばしていた紙飛行機は、ぼくがいつも作っているものとは違い本物のような形をしていた。そこで、いつも作っている紙飛行機をまっすぐ飛ばしたり、思い通りに右回りや左回り、上向きや下向きの宙返りをさせたりすることができるのか試してみた。

2 研究の実際

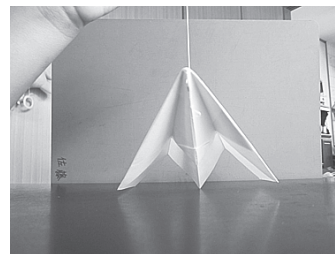
- (1) まっすぐ飛ばないのは左右の重さが関係しているのか。

【実験1】

紙飛行機を10機折り、飛行機の中心に針で糸を通してつり上げた時にどちらに傾くかを調べ、10回飛ばしてどちらに曲がるのかを確認し、左右のバランスと曲がる方向の関係を調べてみる。

<新たな発見>

右投げだと「右曲り」、左投げだと「左曲り」になることや投げ方も関係していることが分かった。そこで、飛行機を飛ばす機械を作った。



同じ幅のものさし2本の間に、お菓子のプラスチックケースをはさむ。一方に切ったゴムをセロハンテープではりつけて（飛ばす機械は）完成。飛行機の前側に、引っかけるためのホッチキスの針をつけた。

【結果1】

番号	重い方	右に曲がる	まっすぐ	左に曲がる
1	少し右	5	2	3
2	少し左	3	4	3
3	少し左	1	7	3
4	右	9	0	1
5	右	8	0	2
6	右	9	1	0
7	少し右	5	2	3
8	右	7	3	0
9	左	0	1	9
10	左	2	2	6

<表の見方>

番号—紙飛行機の番号
重い方—つるした時に重く
て傾いた方
数—5m離れた幅50cm
の間を通った回数。

【考察1】

紙飛行機が曲がる理由は、重さが関係していた。しかし、同じ飛行機も重さとの関係が逆になることもあった。ホッチキスの針のかけ方や飛行機の引き方が原因として考えられる。

【実験2】

軽い方の羽にビニールテープをはって、左右の重さを同じにして飛ばす。飛行機の番号4・5・6・8・9の5機を利用した。

【結果2】

番号	重かった方	右に曲がる	まっすぐ	左に曲がる
4	右 [19 mm] ⇄	4 (9) ⇄	5 (0) ⇄	1 (1) ⇄
5	右 [15 mm] ⇄	4 (8) ⇄	4 (0) ⇄	2 (2) ⇄
6	右 [20 mm] ⇄	3 (9) ⇄	5 (1) ⇄	2 (0) ⇄
8	右 [34 mm] ⇄	7 (7) ⇄	2 (3) ⇄	1 (0) ⇄
9	左 [13 mm] ⇄	5 (0) ⇄	3 (1) ⇄	2 (9) ⇄

<表の見方>

○ [] 内の数字は、軽い方の羽にはった幅18mmの赤いビニールテープの長さ。

○ () 内の数字は、重さのバランスをとる前の実験(1)ー1の結果。

【考察2】

羽の左右の重さが同じになるとまっすぐ飛ぶ。しかし、バランスをとるためにビニールテープをはったら飛ぶ距離が短くなった。弱い風でも飛ぶ向きは大きく変わった。

(2) どうしたら、右に曲がるように飛ぶのか。

【実験1】かじを作る。

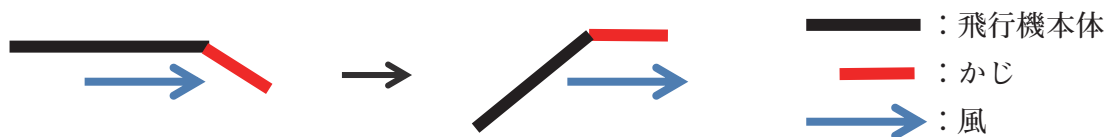
飛行機の足の一番後ろ側に少し切れ目を入れてかじを作り、右側に折り曲げて飛ばしてみる。

【結果1】

かじを右に曲げると右に曲がる。

【考察1】

下の図のように、風がかじに当たるとその力で飛行機本体が押されて曲がるのだと思う。



【実験2】かじの大きさを変える。

かじの角度は約30°曲げ、かじの大きさを5mm×1cm、2cm、3cm、4cmと変えて飛び方や曲がり方を調べた。

【結果 2】

かじ	曲がり方	飛んだきより
1 cm	最後にゆるやかに曲がる	393cm
2 cm	最後に急に曲がる	321cm
3 cm	と中から急に曲がる	269cm
4 cm	すぐ曲がる	234cm

【考察】

かじが大きいと飛び始めてすぐに急に曲がり、小さいとスピードが遅くなってからゆっくりと曲がった。

【実験 3】 かじを大きく曲げる。

かじの長さを 1 ～ 4 cm に変えて、直角に右側に曲げて、手で投げる。

【結果 3】

1 cm の時は、最初から大きく曲がり、投げ出した方向から約 90° の方向まで曲がった。
2 ～ 4 cm の時は、時計と同じ向きに回転し、飛ばなかった。

(3) どうすれば宙返りするように飛ばせるのか。

【実験 1】

本物の飛行機には、主翼の後ろ側に角度の変わる小さな羽がある。それをまねして、羽の一番後ろ側を上側や下側に折り曲げて飛ばす。

【結果 1】

上に曲げると上に曲がり、下に曲げると下に曲がって飛ぶ。

【実験 2】

飛び出しのスピードを増すために、手で思いっきり投げる。

【結果 2】

宙返りしなかった。

【実験 3】

前部を折り返し、前を重くしてスピードが出るようにする。

【結果 3】

宙返りしそうになるができない。父が投げるとできた。投げるスピードの違いが原因だと思う。

【実験 4】

扇風機の前から扇風機に向かって投げる。

【結果 4】

扇風機の風に向かって投げると宙返りする。風が強いほど簡単に宙返りする。

【考察】

空気をどのように受けるかによって、飛行機の飛び方が変わる。飛ぶ距離を長くするためには、機体を軽くしたり、かじや羽の折り曲げを小さくしたりして、じゃまにならないようにしなければならない。風に向かって飛ばすと、かじや羽の折り曲げの効果がよくでる。

(4) 本物の飛行機も紙飛行機と同じように飛んでいるのか。

松山空港で見学した。離陸の時も着陸の時も、角度の変わる小さな羽を下向きに曲げ、機首を上を上げ、風に向かって飛んでいた。

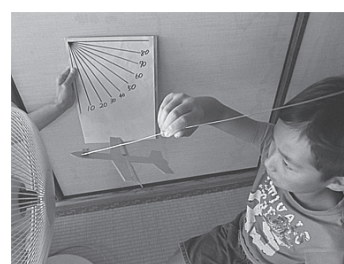


【予想】

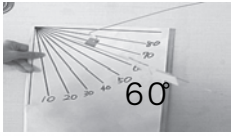
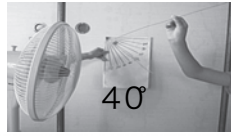
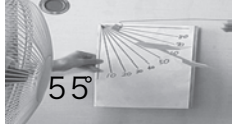
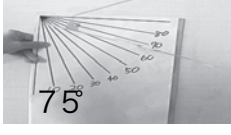
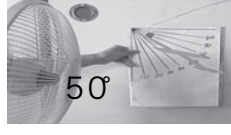
この形が空に浮きやすく、また少しでも機体の下から羽や胴体に風を当てて空に浮こうとしているのだろう。

【実験】

飛行機の模型を紙で作り、扇風機の前で風にあてる。主翼の後ろの角度の変わる羽の曲がっている向きによってどれくらい浮くかを調べた。



【結果】

	上向きに曲げた羽	下向きに曲げた羽	曲げていない羽を主よくの上
弱			
中			
強			

【考察】

羽の向きだけで随分浮き方が違った。また、羽が下向きの時は、扇風機から離れたところでつり下げても弱い風を受けて飛び上がろうとしていた。逆に羽が上向きの時や羽を重ねている時は、飛び上がらなかった。

【まとめ】

飛行機は、滑走路を走るスピードが遅くても離陸できるように、着陸の時はゆっくりと安全におりられるように浮き上がる力を使っているのだろう。そのために向かい風に向かって離着陸しているのだろう。

3 最後に

紙飛行機をたくさん折って、この自由研究でわかったことを試した。そして、紙飛行機をまっすぐ飛ばしたり、思い通りに曲げたり、宙返りさせたりすることができるようになった。ボーイング787を後ろから見ると全部の羽が少し上向きになりYの字のようになっていた。だから紙飛行機の羽もYの字になるようにすると、よりよく飛ぶような気がした。

ミミズの熱中症に関する研究



宇和島市立三浦小学校 第6学年 早 川 海 琉
第4学年 早 川 天 空
宮 本 あかり
小 西 理 久
第3学年 田 中 仁
指導教頭 浦 本 憲 明

1 研究の動機

朝ラジオ体操をしているとき、運動場にたくさんのミミズの死体を見つけた。夏休み前にこんなにたくさんいなかったのに、どうしてこんなにたくさんのミミズが死んでいるのだろうか。ミミズにも熱中症があるのだろうか。不思議に思ったので調べてみることにした。

2 研究の内容

疑問①

運動場には、一体どのくらいのミミズが死んでいるのだろうか。死んでいる場所にかたよりがあるだろうか。

疑問②

ミミズが出てくる数は、日によって変わるだろうか。天気や気温と関係があるだろうか。

疑問③

これらのミミズは、はたしてどこから出てきたのだろうか。ミミズのはった跡をたどってみよう。

疑問④

ミミズは、一晩にどのくらいの距離をはっているだろうか。どんな動きをしているだろうか。

疑問⑤

どうしてミミズは花だんや芝生から離れようとするのだろうか。何が起こったのだろうか。

疑問⑥

このミミズは、一般のミミズと違って特別なミミズなのではないだろうか。特別に暑さに弱いミミズなのではないだろうか。

疑問⑦

はたして本当に運動場ミミズは、花だんや芝生、砂場、鉄棒の下などに生息しているだろうか。地面を掘って調べて見よう。

※ 以下、運動場で発見した種類のミミズを「運動場ミミズ」とする。



疑問⑧

運動場ミミズのはった跡のスタート地点に運動場ミミズは住んでいない。いったい運動場ミミズはどこから出てきたのだろうか。

疑問⑨

ミミズは、本当に高温に弱いのだろうか。運動場ミミズが運動場に出てきたのは高温のせいだろうか。

疑問⑩

昼の方が気温が高くなるのに、運動場ミミズが出てこないのはなぜだろうか。

疑問⑪

運動場ミミズも畑ミミズも高温に弱く、光にも同じように弱いことがわかった。なぜ、運動場ミミズだけが運動場に出てくるのだろうか。

3 研究の方法

実験方法①～⑤

- (1) 運動場をブラシできれいに整地する。今までの死体は全部捨てておく。
- (2) 運動場を10m四方の区画に分けておく。
- (3) 翌朝、ラジオ体操の後に運動場に死んでいるミミズの数进行数える。
- (4) 死んでいる場所の区画を調べる。

実験方法⑥

- (1) 朝早く、まだ死んでいないミミズを捕まえて、観察する。
- (2) 学校近くにある畑や花だんを掘って、畑に住んでいるミミズをつかまえて観察する。
- (3) インターネット、図鑑で日本に住んでいるミミズを調べて、どういう種類のミミズであるか調べる。

実験方法⑦

- (1) 花だん、砂場、芝生、鉄棒の下の地面をスコップで掘り、ミミズを見つける。
- (2) 特に運動場ミミズのはったコースのスタート地点を重点的に掘り起こして調べる。

実験方法⑧

- (1) 学校近くの山の地面を掘って運動場ミミズを見つける。
- (2) 見つからない場合は、他の場所も広く探して絶対に運動場ミミズを見つける。

実験方法⑨

- (1) 2本の試験管を用意し、左側を室温にする。右側は40℃のお湯が入ったビーカーの上に置き、上の試験管の中の温度が30℃以上になるようにする。
- (2) 光はどちらも当てて条件を統一する。
- (3) 中央にミミズをおいてどちらに動くか調べる。
- (4) 10匹のミミズでどちらに移動するか調べる。



実験方法⑩

- (1) 2本の試験管を用意し、片方に黒紙をかぶせて光が当たらなくする。片方は光を当てて明るくする。
- (2) 中央にミミズをおいてどちらに動くか調べる。
- (3) 同様の実験を10回繰り返す。そして、どちらに移動するか調べる。

4 研究の結果

結果①

- (1) 一晩で17匹のミミズが出ていた。そのうち10匹のミミズは、朝の7時にはまだ生きていたが、9時には全部死んでいた。死んでいる場所は、運動場の端が多い。

結果②

- (1) ミミズの数7月29日から日数がたつにつれて減少していった。
- (2) 雨が降ってもミミズ数は増えたりしなかった。
- (3) 8月4日は、晴れで気温・地温ともに30℃になったが、ミミズ数は増えなかった。
- (4) ミミズの発生数が多かった7月29日～8月1日は気温・地温ともに高く、13時には34℃を超えていた。特に7月29日～7月31日の7時の地温は32℃を超えていた。
- (5) これらのことからミミズの発生数の増加は、地温と関係があると考えられる。特に7時の地温が高い時にミミズが多く発生することがわかった。

結果③

- (1) ミミズのはったスタート地点は4か所であった。
- (2) 花だんコース、芝生コース、砂場コース、鉄棒コースの4コースがある。
- (3) 校舎や倉庫側から出発しているものはなかった。
- (4) 砂場コース>花だんコース>芝生コース>鉄棒コースの順に多かった。

結果④

- (1) ミミズが一晩にはった距離は平均で30m72cmである。
- (2) 死ぬ前に大きくカーブして円をえがいているはった跡もあった。不思議なことに、ミミズは必ず一周してさらに運動場の方向に向かって進んでいた。
- (3) ミミズは方向を間違っ運動場に出てきたとは思えないくらい、まっすぐ突き進んでいた。

結果⑤

- (1) 土中の温度は、空気中に比べて高い。
- (2) 地温の最高は7月29日の34.4℃、気温は31.2℃であった。この日の朝の地温は、32.5℃もあった。前の晩からずっと30℃以上の温度が続く「熱帯夜」だった。

結果⑥

- (1) 運動場に出てきたミミズの平均の長さは11.7cm、重さは11.4gであった。色は、黒色に紫色が混ざった色であった。表面は粘膜におおわれていた。ひょっとすると新種のミミズなのではないだろうか。
- (2) 畑で捕まえたミミズの平均の長さは13.8cm、重さは5gであった。色は、茶色で全体が粘膜におおわれている。環帯は白～乳白色ではっきりしている。

結果⑦

- (1) 花だんには畑ミミズがたくさんいた。そのほかの場所にミミズはいない。
- (2) 4か所のスタート地点には運動場ミミズは一匹もいない。

結果⑧

- (1) 運動場ミミズをついに見つけた。ミミズはやはり、砂場や芝生などに住んでいるのではなく山の中に住んでいた。ミミズは山から道路を渡って学校にやってきた。

結果⑨

- (1) 運動場ミミズも畑ミミズも高温を嫌って冷たい方に移動する。

結果⑩

- (1) 運動場ミミズも畑ミミズも光を嫌って暗い方に移動する。
- (2) ミミズには、昼と夜がわかる。だから昼は出てこない。

5 研究のまとめと新しい仮説「森の赤潮発生説」

今年の夏、三浦小学校の前の海は、台風で大雨が降った後、川から出た栄養分と高水温のため赤潮が発生してたくさんの魚が死んだ。これをヒントにひょっとしたら、森の中にも「赤潮に似た現象が起こっているのではないだろうか。」と考えた。

①大雨が降る。→②落ち葉がぬれて栄養分が流れ出る。→③高温と栄養分の増加でバクテリア（細菌）が増える。→④バクテリアが増えると酸素が減り、二酸化炭素が増える。→⑤地中深くに住んでいる運動場ミミズは酸素不足と二酸化炭素の増加（炭酸水の増加）を嫌って地表に出てくる。→⑥地表に出ても落ち葉にはたくさんバクテリアがいるので運動場ミミズは、さらにバクテリアが少ないところを目指して移動する。→⑦運動場ミミズは、いろいろな方向に逃げていく。→⑧学校近くの山の運動場ミミズの一部は、山から道路を横切り運動場に降りてくる。→⑨運動場ミミズにとって運動場はバクテリアが少ないので天国の地。→⑩それでも運動場ミミズはバクテリアがこわいので少しでも山から離れようとする。→⑪でも運動場ミミズは、はっているうちに新たな危機に気づく。⑫運動場には水分がない。体が乾いてきた。→⑬一部のミミズはこのことに気づいてもどろうとする。（ループの発生。）→⑭でもやっぱりバクテリアがこわいから1周して、また山側から逃げようとする。→⑮そうこうしているうちに朝がやってきた。太陽の光と紫外線が襲ってきた。→⑯かわいそうに運動場ミミズは死んでしまった。→⑰この結果、三浦小学校の運動場には大量のミミズの死体が残された。

6 考察

この「森の赤潮発生説」をさらに調べてみたかったが、8月4日を最後にミミズは運動場に出てきていない。しかし、これからもみんなで運動場の観察を続けて、来年こそはミミズの大量発生メカニズムを解明したいと思う。

オカダンゴムシの集合行動と集合フェロモンについての研究Ⅱ

西予市立城川中学校 第2学年 森岡旭春
指導教諭 山下祐生

1 研究の動機と目的

昨年、ダンゴムシに見られる集合行動と集合フェロモンについての研究を行い、強い誘因性をもっていると予想していた集合フェロモンに限られた条件でしか強い誘因性をもたないことを発見した。その一つがダンゴムシの集合行動において、同じ生息地の集合フェロモンには強い誘因性が見られたが、違う生息地の集合フェロモンにはあまり誘因性が見られなかったことである。このことから、ダンゴムシのフンに含まれる集合フェロモンは生息場所の土壌や普段食べているエサによって違いがあるのではないかと考え、このことを証明するために、「生息地の違うダンゴムシも同じ環境で飼育することで、どの地域の集合フェロモンにも集合性を見せるのではないか。」という一つの仮説を立てた。この仮説を踏まえ、ダンゴムシの生活環境と集合フェロモンの関係について調べたいと思い、研究に取り組むことにした。

2 研究の方法

- (1) 四つの地域（西予市・大洲市・松山市・鬼北町）から各50匹のダンゴムシと生息場所の土、フンを採取する。
- (2) 実験1 生息場所の土の性質（pH）を調べる。
- (3) 実験2 ダンゴムシを採取した後、生息場所の土で飼育し、フンを採取しpHを調べる。
- (4) 四つの地域のダンゴムシをA、B2つのグループに分け、20匹ずつプラケースに入れ7日間同じ環境で飼育する。エサとの関係を調べるため、Aグループは野菜のみ、Bグループはタンパク質のみのエサを与える。
- (5) 四つの地域のフンをそれぞれシャーレの上隅に置き、ダンゴムシ10匹を一斉に放し、動きを観察する。
- (6) この方法で下記の七つの条件で集合実験を行う。
 - ア 実験3 元の環境で採取したフンへの集合性（Aグループ、Bグループ）が見られるか。
 - イ 実験4 Aグループの同じ地域のフンへの集合性が見られるか。
 - ウ 実験5 Aグループの違う地域のフンへの集合性が見られるか。
 - エ 実験6 Bグループの同じ地域のフンへの集合性が見られるか。
 - オ 実験7 Bグループの違う地域のフンへの集合性が見られるか。
 - カ 実験8 AグループからBグループへの集合性が見られるか。
 - キ 実験9 BグループからAグループへの集合性が見られるか。

3 実験の結果と考察

(1) 実験1

大洲市や松山市など畑や庭で野菜や植物がよく育っている場所の土は中性だった。

一方、城川町や鬼北町のほとんど草がない場所は、弱酸性や弱アルカリ性だった。大洲市や松山市の個体は大きいものが多いが、城川町や鬼北町の個体は小さかった。生息環境が体の大きさや繁殖に関係しているのではないか。

(2) 実験 2

土がアルカリ性だった城川町を除き、pHが高くなってアルカリ性に近づいた。フェロモンはアルカリ性に近い性質をもっているのかもしれない。また、Aグループ（野菜ばかり食べさせた個体）のフンはほぼアルカリ性となり、元の生息地と同じような性質だった。エサが野菜というのは元の環境とあまり変わらないということだろうか。Bグループ（動物性たんぱく質ばかり食べさせた個体）のフンはほとんどが弱酸性で、Aグループと明らかな違いが出た。

(Aグループ 野菜のみのエサ)			(Bグループ たんぱく質のみのエサ)		
	pH9	弱アルカリ性		pH5	弱酸性

(3) 実験 3

Aグループのダンゴムシはすべての試行でフンへの集合性が見られ、集合時間は13分だった。Bグループのダンゴムシはフンに近づくが、集合性を見せない場合もあった。フンの性質実験の結果と比較して見ると、Aグループのフンは元の環境のフンと数値は多少違いが弱アルカリ性か中性であり、Bグループのフンは弱酸性、中性と性質が元の環境のフンと異なる。このことが集合フェロモンの誘因性に何らかの影響を与えたのではないかと考えた。

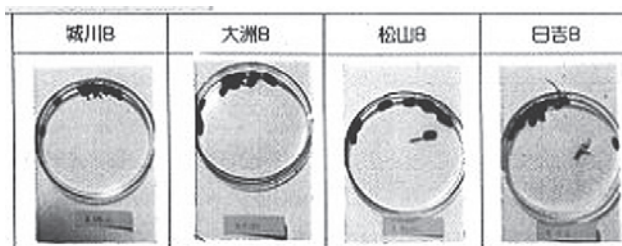


(4) 実験 4

すべての試行においてフンへ何度も近づく行動が見られた。フンの近くに集合する場合と少し離れて集合する場合があり、ダンゴムシを引き付ける誘因性はあると考えられる。

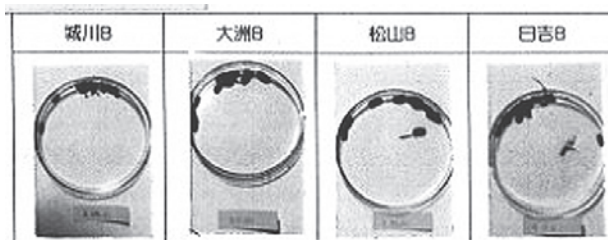
(5) 実験 5

Aグループ同士の違う地域のフンへはどう組み合わせてもフンへの集合性が見られ、同じ地域のダンゴムシのフンでの試行とあまり変わらない結果となった。過去の実験では違う地域のフンへは集合性が見られないことも多くあったので、同じ環境で飼育することによりフンに含まれる集合フェロモンの地域差がなくなったとも考えられる。



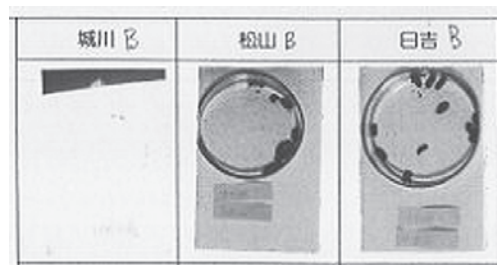
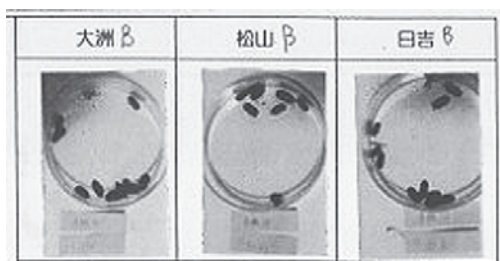
(6) 実験 6

ある程度フンに集合する様子が見られたが、Aグループのダンゴムシのように一か所に集合する様子はあまりなかった。集合した後もしばらくすると動き出すダンゴムシが多かった。Bグループのフンはほとんどが弱酸性だったが、酸性よりのフンの集合フェロモンは誘因性が弱いと考えられる。



(7) 実験 7

Bグループの違う地域のフンへはほとんど集合性を見ることができなかった。このことから同じ環境で飼育をすれば違う地域でも似たような集合フェロモンとなり、同じ地域同士で見られたような集合性が見られるのではないかという仮説は成り立たないと考えた。さらにこの結果は、酸性よりのフンは集合性を見せにくいということを裏付ける結果となった。

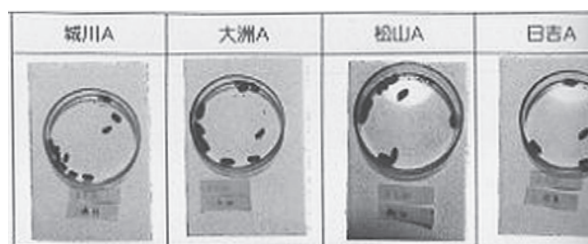
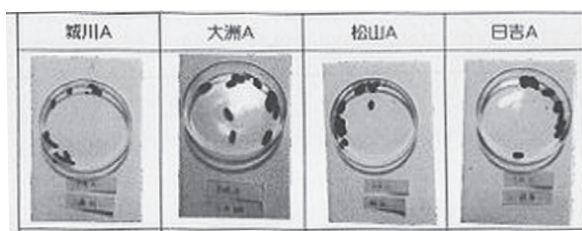


城川のダンゴムシのフンに対する集合性

大洲のダンゴムシのフンに対する集合性

(8) 実験 8

AグループのダンゴムシもBグループのフンへの集合性はほとんど見られなかった。フンへ近づくダンゴムシもいたが、近づいた後離れていくものも多く、集合はしてもフンから離れた場所での集合が多かった。実験7の結果を踏まえて考えてみると、フンの性質がダンゴムシの集合性に大きく影響しているのではないかと思う。



(9) 実験 9

Bグループのダンゴムシの多くがAグループのダンゴムシのフンに集合性を見せた。これは予想していない結果であり、大変驚いた。また集合している時の様子を観察していると、フンに集まったダンゴムシはフンを食べているようだった。実験後にシャーレの中



のフンが減っていたので、やはりフンを食べたものと思われる。その様子は集合フェロモンで集合したというよりは、フンを食べたくて集まったように見えた。ダンゴムシを集合させる集合フェロモンは、アルカリ性のフンに含まれると考えられる。

(10) フン（集合フェロモン）の性質と集合性の関係

研究を進めていく中で、環境の違いよりもフンの性質による集合性に違いがあることが見えてきたので、結果を集計してみた。試行回数が違うため正確なデータとは言えないが、ダンゴムシは弱アルカリ性のフンへの集合率が高いという傾向があることがわかった。動物性タンパク質ばかりを与えたダンゴムシのフンは酸性よりだったので、ダンゴムシの集合性に食べ物関係しているのではないだろうか。

フンの性質	中 性				
pH	9	8	7	6	5
試行回数	50回	120回	70回	80回	40回
集合性をみせた回数	34回	80回	32回	10回	9回
集合性の出現率	68%	66.6%	45.7%	12.5%	22.5%

(11) まとめ

今回の研究の結果、単に同じ環境で飼育したというだけでは集合フェロモン（フン）に集合性を見せないということがわかり、「生息地の違うダンゴムシも同じ環境で飼育することで、どの地域の集合フェロモンにも集合性を見せるのではないか。」という仮説は成り立たなかった。しかし、エサの条件やフンの性質という違う視点を通して実験結果を検証してみると、新たな発見をすることができた。フンの性質を調べたところ、野菜で飼育したダンゴムシのフンは中性から弱アルカリ性を示し、動物性タンパク質をエサとして飼育したダンゴムシのフンは中性から弱酸性を示した。そして、そのフンで集合実験を行ったところ、弱アルカリ性のフンに高い集合性を見せる傾向があることがわかった。このことから、単に同じ環境という条件だけではフンへの集合性は見られないが、通常食べているエサが集合フェロモンに影響し、誘因性を左右している可能性があると考えられる。

(12) 感想

今回の研究では、仮説を証明することはできませんでしたが、集合実験の繰り返しと他の実験結果とを比較検討しながら観察を行うことで、新しい発見をすることができました。このことは、仮説の証明が失敗しても思わぬところから新しい発見をすることができるといふ科学の面白さを改めて教えてくれました。来年はさらに食べ物と集合フェロモンの関係について詳しく調べたり、同性同士の誘因性についても調べたりしたいと思います。

参考文献 高校農業 農業実験 gakuen-gifu-net.ed.jp

日本地工株式会社 HP 農業園芸 green.chiko.co.jp

インジゴカルミンの信号反応の研究

愛媛県立松山西中等教育学校

第 6 学年 小 池 利 奈

第 5 学年 松 本 剛 征

阿 部 完

木 梨 祐 輔

指導教員 八 木 康 行

1 研究の目的

インジゴカルミンは酸化還元反応によって信号反応を示すことが知られている。信号反応とは、インジゴカルミンが還元糖により還元され、ロイコインジゴカルミンになる過程で色が緑、赤、黄に変化する現象である(図1)。私たちは、インジゴカルミンの酸化還元反応におけるさまざまな条件を制御することで、条件の変化に伴い反応速度がどのように変化するかなど、反応速度の規則性について調べることにした。また、

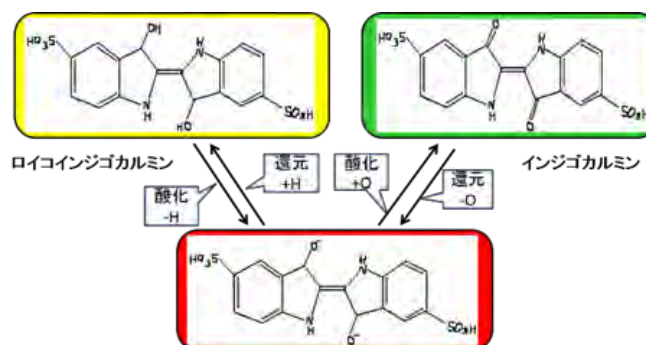


図 1 信号反応

その中で反応回数を重ねると信号反応が起こらなくなるという現象が見られ、インジゴカルミンの反応回数を持続させるための条件を導くことにも着目することにした。

2 研究方法

溶液 A : 水(100mL) + グルコース $C_6H_{12}O_6$ (1g : 0.0056mol) + NaOH(1g : 0.025mol)

溶液 B : 1%のインジゴカルミン水溶液

上記の溶液 A に 2mL の溶液 B を混ぜた濃度を基準の濃度、溶液の温度 25℃ を基準の温度とし、以下の項目についての条件を変化させて実験を行った。

(1) 反応速度の規則性

ア 反応速度と温度

イ 反応速度と還元糖の種類

ウ 反応速度と酸素濃度

エー 1 反応速度と各物質の濃度

各物質の濃度を 1 つずつ 1/2 倍、2 倍、4 倍と変化させた。

エー 2 反応速度と水酸化ナトリウムの濃度

水酸化ナトリウムの濃度を変化させ、信号反応の色の変化のデータが最も得やすい赤色の継続時間を分光光度計を用いて測定した。

オ 反応速度と反応回数

(2) 反応回数を持続させることの条件

ア 反応回数と濃度

イー 1 時間経過による影響

① インジゴカルミンの溶液、水酸化ナトリウム+グルコースの溶液を混ぜる直前につくったもの。

② インジゴカルミンの溶液のみ 1 週間常温で置き、水酸化ナトリウム+グルコースの溶液を直前につくり混ぜたもの。

③ インジゴカルミンの溶液、水酸化ナトリウム+グルコースの溶液を混ぜ、1 週間常温で置いておいたもの。

上記①～③で信号反応の実験を行い、それぞれを比較した。

イー2 時間経過に伴う水酸化ナトリウムの作用

直前に溶液 A と溶液 B を混ぜたものと、溶液 A と溶液 B を混ぜて 1 週間放置したもの、および空気中の二酸化炭素の影響を考慮するために水酸化ナトリウム水溶液を 1 週間放置したものを用意し、それぞれの pH を測定した。

イー3 水酸化ナトリウムの影響によるインジゴカルミンの変化

以下の①～③の溶液を用いて薄層クロマトグラフィーで分離させた。

- ① インジゴカルミン溶液と水酸化ナトリウム+グルコース溶液を直前に作り、混ぜたもの
- ② 水酸化ナトリウム+グルコース溶液を 1 週間放置し、直前にインジゴカルミン溶液を混ぜたもの
- ③ インジゴカルミン溶液と水酸化ナトリウム+グルコース溶液を混ぜて 1 週間放置したもの

3 結果

それぞれの実験において、以下のような結果が得られた。

(1) 反応速度の規則性

- ・ 温度を上げると、反応速度は速くなった。
- ・ フルクトース、ガラクトース、マルトース、グルコースの順で反応速度は速く、アスコルビン酸は測定不能であった。
- ・ O_2 濃度が高くなると反応速度が遅くなった。
- ・ 水酸化ナトリウムの濃度やグルコースの濃度が高い方が反応速度は速くなった。一方、インジゴカルミンの濃度では 2 倍までは濃度が高い方が反応速度は速くなり、4 倍のときには反応速度が遅くなった。これらの測定の中で、反応回数の増加にともなって緑から赤の反応が遅くなり、赤から黄の反応が速くなった (図 2)。
- ・ 水酸化ナトリウム濃度の薄い方が赤色を示した時間が長くなった (図 3)。

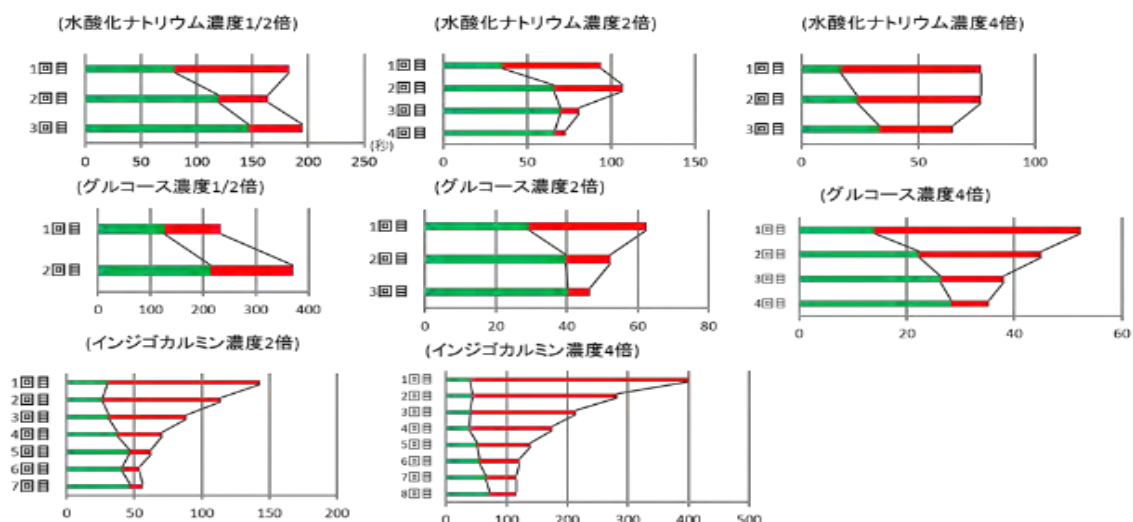


図 2 各溶液の濃度と反応時間

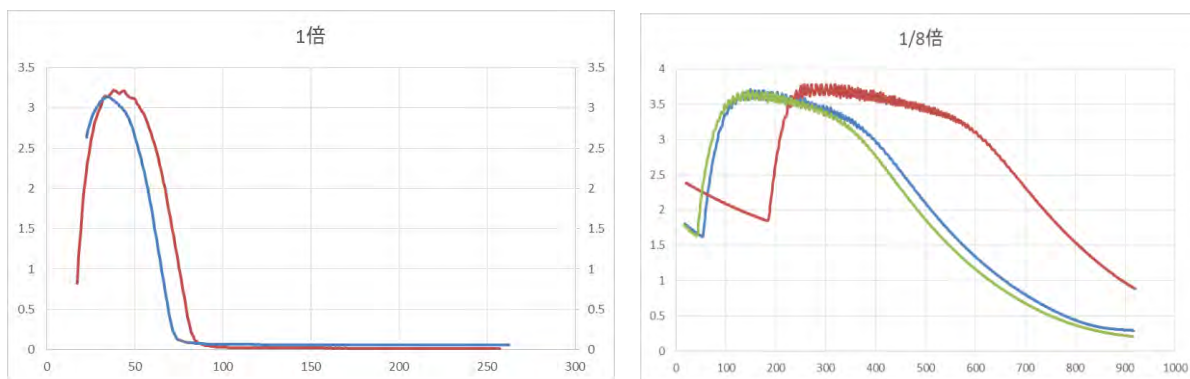


図3 水酸化ナトリウムの濃度と分光光度計による赤色の測定時間

(2) 反応回数を持続させること条件

- ・水酸化ナトリウムは2倍で最も反応持続回数が増加し、グルコースやインジゴカルミンは濃度が高くなるにつれて反応持続回数が増加した（表1）。
- ・溶液Aと溶液Bを混ぜて一週間放置させたものは信号反応を起こさなかった。
- ・溶液Aと溶液Bを混ぜて一週間放置させた溶液は淡黄色であり、薄層クロマトグラフィーでの分離を試みたが、ほぼ無色となり、はっきりとした結果が得られなかった。

表1 各溶液の濃度と反応持続回数

水酸化ナトリウム濃度	回数	グルコース濃度	回数	インジゴカルミン濃度	回数
1/2倍	2.7	1/2倍	1.7	1/2倍	1
2倍	4	2倍	3	2倍	7
4倍	3	4倍	3.7	4倍	8.6

4 考察

今回の実験から以下のように考察した。

(1) 反応速度の規則性

- ア 温度を上げると、反応速度が速くなったという結果については、分子の運動が活性化し、反応時間が速くなったと考えられる。
- イ グルコース、フルクトース、ガラクトース、マルトースについては、同じ還元糖でも構造が異なるため、還元する力に違いが見られるのではないかと考えられる。また、アスコルビン酸は酸素、アルカリ、光に弱いため、実験中に壊れてしまい結果が得られなかったと考えられる。
- ウ 酸素との接触が増えると酸化が促進されるが、表面が酸化されており、内部への酸化が多少なりとも疎外されていると考えられる。
- エー1 pHが大きくなることで還元糖の作用が促進されている。グルコースは還元を促すため、濃度が高いと反応が進行する。一方、インジゴカルミンは2倍から4倍の間で最も速度が上がる濃度があると推測されるが、他の物質との相対的な量により影響を受けていると考えられる。
- エー2 通常ではすぐに青から緑に変化するところが、水酸化ナトリウムの濃度が低くなるにつれ、中間的な色を示し、最終的には黄色となったことから、一度にインジゴカルミンが変化を起こしたのではなく、水酸化ナトリウムの濃度が薄いことが影響し、徐々にインジゴカルミンが変化したためだと考えられる。
- オ 全体的に、反応回数が増えるにつれて緑から赤の反応が遅くなり、赤から黄の反応が速くなったが、反応回数に限界がある理由や中間的な物質の状態が不明であるため、十分な考察をすることができなかった。

(2) 反応回数を持続させること条件

- ア 水酸化ナトリウムの濃度が高い方が反応が持続したのは、グルコースからグルコン酸の変

化が起こりやすくなっているからであると考えられる。また、水酸化ナトリウム濃度が高くなりすぎても回数がそれほど変化していないことが確認できたため、一定量の水酸化ナトリウムの量（濃度）があれば十分グルコースからグルコン酸への変化が起こるのではないかと考えられる。

一方、グルコースの濃度やインジゴカルミンの濃度が高い方が反応が持続したのは、グルコースやインジゴカルミン自身が反応に使われるため、その量が多いことが反応回数に関係していると言える。

したがって、反応回数が多くなると反応が起こりにくくなるのは、インジゴカルミン自身が分解するなどして他の物質へと変化したからではないかという仮説を立てることができた。

イ 時間経過によってインジゴカルミンそのものは影響を受けない。このことは食品の着色料などの使用用途の有利な特性からも立証されている。また、水酸化ナトリウムがインジゴカルミンに影響を与え、完全に酸化できなくなったことや、無色の別の構造をもつものに変ったりしたことから水酸化ナトリウムに長時間さらすことでインジゴカルミンの構造自体に影響を与えていると考えられる。

したがって、ア・イの実験結果及び考察から、反応回数を重ねると信号反応が起こらなくなるという現象は、インジゴカルミンの他の物質への変化というものが原因の1つであると考えられる。

5 まとめと今後の課題

(1) 反応速度を上げる条件

以下のことが反応速度を上げる条件である。

- ・温度が高い。
- ・酸素濃度が低い。
- ・pH が大きい。
- ・グルコースの濃度が高い。

また、インジゴカルミンでは2倍までは濃度の高い方が反応速度は速くなったが、4倍のときには遅くなった。このことから、2倍から4倍の間に反応速度が最も速くなる濃度が存在すると考えられる。

(2) 反応回数を持続させることの条件

以下のことが反応回数を持続させる条件である。

- ・水酸化ナトリウムの濃度が高い。
- ・グルコースの濃度が高い。
- ・インジゴカルミンの濃度が高い。

また、反応回数と反応速度にも関係性があり、特に赤から黄色の反応速度は指数関数的なグラフを示した。一方、時間経過によって水酸化ナトリウムが作用し、インジゴカルミンが他の物質に変化したと考えられることから、水酸化ナトリウムが影響する仕組みや、それによって反応を示さなくなったインジゴカルミン溶液がどのような物質に変化しているかななどを解明することが今後の課題である。

6 おわりに

私たちの研究は元々決められたテーマに沿ったものであり、「与えられた研究」からスタートした。しかし、実験を行っていくうちに、「なぜだろう?」「どうなっているのだろう?」と思うことが多く出てきた。それらを解明するための研究は決して楽なものではなかったが、チームの仲間と協力し合い、実験を重ねることで、最初のテーマよりも更に深い研究をすることができた。信号反応はよく知られている実験テーマであるが、私たちの持った疑問は文献を調べても記載されておらず、研究方法の検討に苦労した。信号反応というものの研究が、これほど奥深いもののだとは思ってもせず、驚いたとともに新たな発見により興奮もした。今後とも広い視野で物事を見ることを心掛け、探求心や好奇心を持ち続けたい。