

## 大手前高校 74期 S探 理系 生物分野論文集

[プラナリアの再生速度を速めるには](#)

[脳と記憶力の関係](#)

[ダンゴムシと植物の生育の関係](#)

[蜘蛛の糸の強度実験](#)

[スマホでアリを制御できるのか](#)

[吸水性ポリマーで最強の土を作ろう](#)

[スプラウト育成促進計画](#)

[アサガオリトマス紙](#)

[異種間の細胞融合](#)

[薬品とゾウリムシの遊泳速度](#)

[ミジンコの浸透圧適応性](#)

[メダカの体色変化](#)

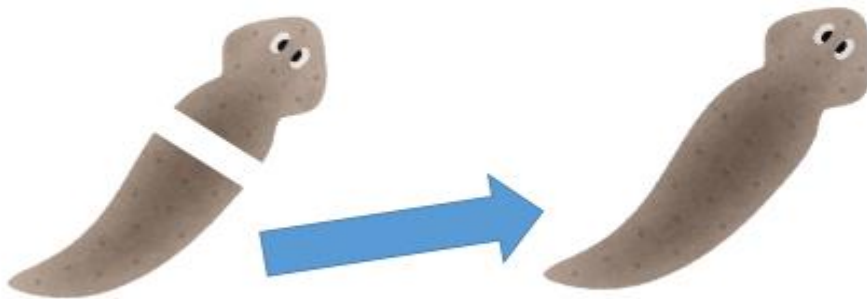
# プラナリアの再生速度を速めるには

## 1. 緒言

私たちは著しい再生能力をもつプラナリアを用いて再生速度に関する実験を行った。プラナリアに与えるエサや生育環境の条件を変えて実験を行い、再生速度を速める方法を研究した。

この実験ではプラナリアを切断したのち尾側の個体だけに注目し、目が再生するまでの日数を再生速度とした。また4匹の個体を1グループとして再生速度の平均をとったものを以下の実験結果で示している。

## 再生速度の定義



しっぽ側の目が再生

参考にした研究ではプラナリアにキュウリやバナナを与えてその後の体の変化のみを調べるものだったので、今回は実験1で与えるエサと再生速度の関係を調べた。また実験2ではプラナリアに与える栄養素との関係を調べることを試みた。そして実験3ではプラナリアが再生する際の環境に注目し、濃度・イオンの種類が異なる水溶液中での再生速度の変化を調べた。

## 2 実験1の手順

この一つ目の実験では、プラナリアに与えるエサを変えて、その後一週間ほど時間を空け、プラナリアの体を切断し、再生速度を測定した。与えたエサは、鶏レバー、牡蠣、湯葉、きくらげ、赤パプリカそしてバナナである。また、対照実験として、何も食べさせないプラナリアも同時に実験した。これら全6種類に対して、4匹ずつプラナリアを用意して実験した。これらの食材を与えた理由は、それぞれが固有に多く含んでいる栄養素が、プラナリアの成長、再生を早めるのではないかと考えたからである。それぞれが固有に多く含んでいる栄養素は、牡蠣が亜鉛、湯葉がタンパク質、赤パプリカがビタミンA,C、きくらげが鉄、である。(表1参照)レバーに関しては、普段与えているエサがレバーであるため、これも一種の対照実験として行った。また、バナナに関しては、参考にした記事に、バナナに含まれる何かの成分が、プラナリアを有性化させる働きがあるというものを見て、それも観察してみたいと思い、あたえた。エサの与え方は、飼育しているタッパーにエサをそれぞれ入れ、4匹に一斉にあたえた。エサは、入れてから約2時間半後に回収した。

エサを回収してから 1 週間ほど時間をおいて、先ほどの図のようにプラナリアを切断し、再生速度を測定した。

表 1.エサの栄養成分(文部科学省 食品成分データベースより)

食品成分	たんぱく質 (g)	鉄 (mg)	亜鉛 (mg)	レチノール (ビタミン A) ( $\mu$ g)	ビタミン C (mg)	重量 (g)
湯葉	50.4	8.3	4.9	10	0	100
赤パプリカ	1	0.4	0.2	10	170	100
きくらげ	7.9	35	2.1	10	0	100
かき	6.9	2.1	14	24	3	100
レバー	18.9	9	3.3	14000	20	100

### 3実験 I の結果

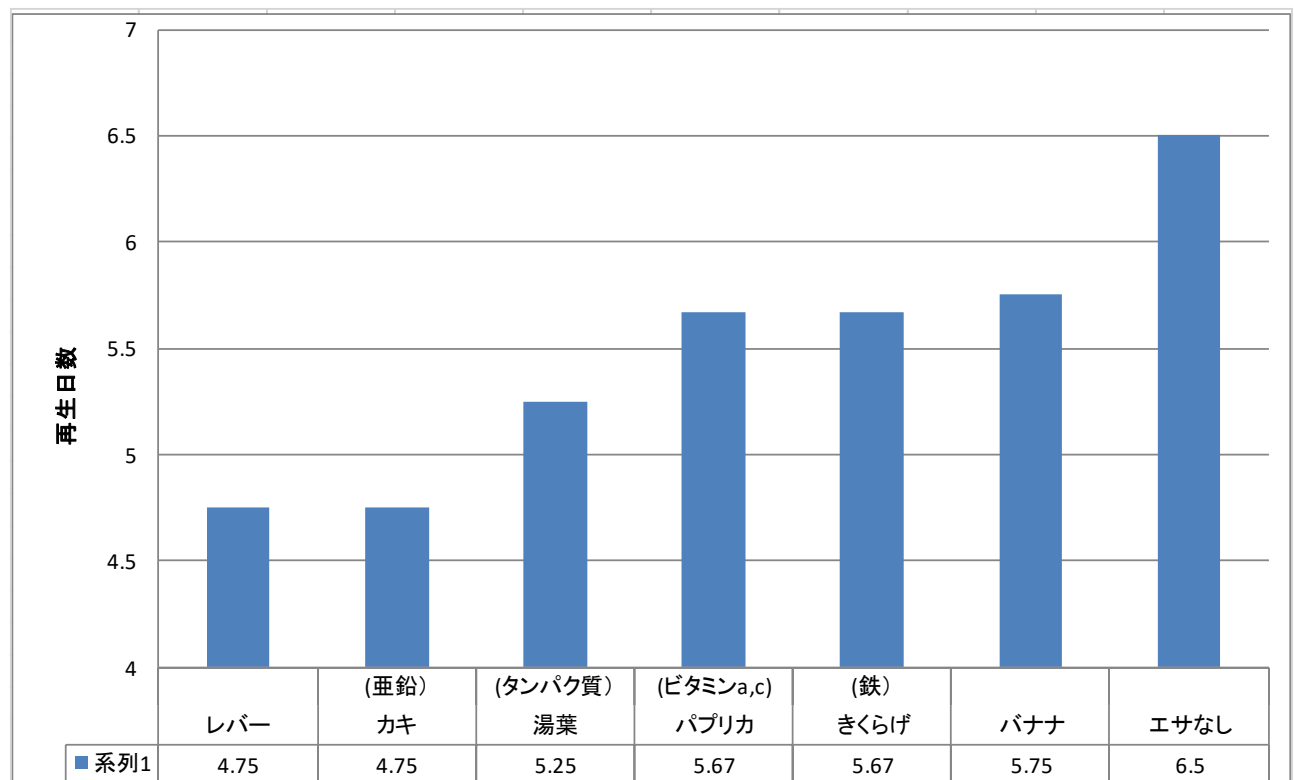


Fig.1 与えたエサと再生にかかった日数

レバーとカキを与えたグループが最も早く再生し、次に湯葉を与えたグループ、続いてパプリカときくらげとバナナ、最も遅くなったのはエサなしとなった。

また、バナナによる有性化は見られなかった。

それぞれのエサを食べたかどうかについては、エサなしに比べて再生速度はどのプラナリアも早まったので、食べていると結論付けた。

### 4実験 I の考察

・カキとレバーの再生速度が早かった理由としては、人間の体内では亜鉛にはタンパク質とともに摂取

すると成長を促す働きがあるので、プラナリアの体内でも同じような働きをしたのではないか。

- ・ビタミン A には人間の体内で目や皮膚の正常な動きを助ける働きがあるため、再生が早くなる可能性があると考えたがレバーとカキとは差が生じた。その理由としてビタミンAは亜鉛によって体内にとどめられるので亜鉛の少ないパプリカのみでは、うまくビタミンAが働かなかったのではないか
- ・レバー、ゆばの再生速度の差は、タンパク質が動物性か、植物性か、の差から生まれているのではないか。
- ・植物のえさを与えたプラナリアの再生速度が全体的に遅かったのも、上記と同じ理由だと考えられる。

## 5 実験 2 の手順

実験 1 の結果よりある程度の傾向は見られたが、エサに含まれる多くの種類の栄養素の中からどの栄養素が特に働いているかを特定することは難しい。そこで、実験 2 ではサプリメントを水に溶かし、ゼラチンで固め、ゼリーにして食べさせることで特定の栄養素の働きを観察しようとした。

試行 1 では、純水をゼラチンで固めただけのゼリーをプラナリアに与えた。

試行 2 では、食紅で色を付けたゼリーを与えた。

試行 3 では、鯉節で香り付けしたゼリーを与えた。

## 6 実験 2 の結果

実験 2 の結果は失敗に終わった。

すべての試行でプラナリアがゼリーを食べることはなかった。

その他にもサプリメントが水に溶けにくいという問題があった。

これらを解決する手段を見つけることができなかつたので、実験 2 は断念することになった。

## 7 実験 3 の手順

実験 2 の結果から、栄養素を一つに絞って与えるといった実験は難しいという結論に至った。そこで、次に行う実験では栄養素ではなく、再生する際の周りの環境に注目した。その周りの環境とは、含まれているイオンである。そのイオンとは、カリウムイオン、カルシウムイオン、ナトリウムイオンである。これらのイオンを選んだ理由は、調べていた文献から、これら 3 つのイオンの中でエサを与えると、摂食行動に変化が出る、ということ参考を、再生速度にも何らかの変化が出るのではないかと考えたからである。

具体的な方法を説明していく。まず用意した水溶液は、塩化カリウム水溶液、塩化ナトリウム水溶液、塩化カルシウム水溶液の 3 つで、それらをそれぞれ 0,05%、0,10%、0,15%、の濃度のもと蒸留水を用意した。プラナリアにはあらかじめエサを与えておき、その後体を切断して、上記の 9 つの水溶液、加えて蒸留水にも切断したプラナリアのしっぽ側を入れておいた。そして、再生速度を測定した。

この実験と並行して、上記の 10 つの水溶液におけるプラナリアの摂食行動も観察した。具体的には、エサに対する反応や、エサを食べ始めるまでの時間といったものである。

## 8 実験 3 の結果

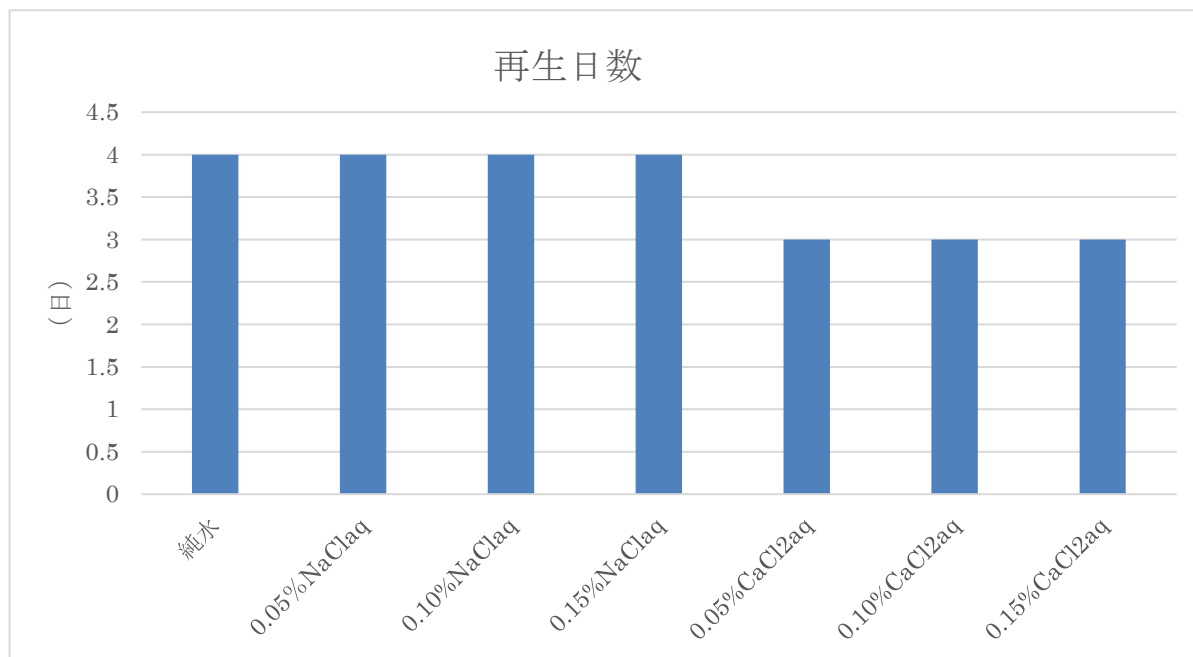


Fig.2 実験 3 の結果

- ・塩化ナトリウム水溶液で再生速度を計測したプラナリアの結果は 4 日で、純水の結果と目立った変化は見られなかった。
- ・塩化カルシウム水溶液で生育したプラナリアは濃度に関係なく三日目にすべて再生した。
- ・摂食行動については、0,15%塩化カルシウム水溶液でのプラナリアがエサに最も早く反応した。
- ・塩化カリウム水溶液のプラナリアは死滅してしまった。

## 9 実験 3 の考察

カリウムイオンで再生させようとしていたプラナリアが死滅してしまったのは、カリウムイオンの細胞内への流入により、膜電位の変化が起き、死滅したのではないかと考えた。本来、カリウムイオンは細胞内に多いものであるため、体外にカリウムイオンが増加したことが原因と考えられる。

ナトリウムイオンにおける実験で変化があまり見られなかった理由は、ナトリウムイオンは、細胞内への流入が少ないため体内に変化が起きなかったからではないかと考えた。

カルシウムイオンの多い環境でプラナリアが早く再生したのは、生体では細胞内のカルシウムイオン濃度の増減が細胞の再生、増殖に関係しており、今回の実験では塩化カルシウム水溶液でのみ再生速度が早まったので、プラナリアの体内でも同じ働きをしたのではないかと考えた。

摂食行動については詳しい原因はわからなかった。

\*膜電位とは、細胞内外に存在する電位の差。電荷をもつイオンの分布の差により生じる。

\*イオンチャネルとは、特定のイオンを濃度勾配に従って通過させる膜たんぱく質。細胞の膜電位を維持、変化させる役割を持つ。

## 10 結論

レバーやカキなどの動物性のタンパク質を多く含むエサを与え、CaCl<sub>2</sub> 水溶液でプラナリアを生育すると、通常より1日程度再生速度を速めることができる。

## II 今後の展望

今回使ったもの以外のイオンでの再生速度の変化を調べる。また、イオン以外の条件を変えたときの再生速度の変化を調べる。

## 脳と記憶力の関係

### 1. 緒言

プラナリアに関する実験には再生できる限度を調べるものを筆頭に、いくつかのものが行われている。その中にはプラナリアには学習能力があるということを前提とした研究も存在する。このことから私は、脳が形成されてからの期間と記憶力の間にはどのような関係があるのかを確かめられないかと考えた。

切断された器官が時間の経過によって再生するという性質と負の走光性を用いて、実験を行う。

### 2. 実験手順

#### 実験 I

1. 1週間絶食させたプラナリアを数匹用意する。
2. それらを 5mm程度に切断し、頭部を除いた尾部または中部を 5 片用意する。この時、すべての個体を識別できるよう別々の容器で飼育する。
3. 切断した 10 日後と 17 日後、21 日後にエサとして鶏の肝臓片（以下エサと表記）を切断片に与える。
4. 最後にエサを与えた 3 日後に実験を開始

#### 【実験方法】

\*用意するもの

- ・エサ
- ・懐中電灯
- ・長方形の容器と付属の蓋(赤色)(プラスチック製)
- ・プラナリア
- ・駒込ピペット(3ml)

これらを所定の位置(Fig.1 参照)にセットし、プラナリアがエサへと到達するまでの時間を計測する。(エサを最初に配置し、駒込ピペットを用いてプラナリアを配置し、蓋を被せると同時に計測を開始する。)

なお、懐中電灯は手で持ち、15cm程度の幅を開け、蓋をしていない方へと光を当てる。

(Fig.2 参照)

計測時間が 20 分間へと達した場合、実験はそこで中止とする。

6. この実験を 3 日間隔で 5 回行う。

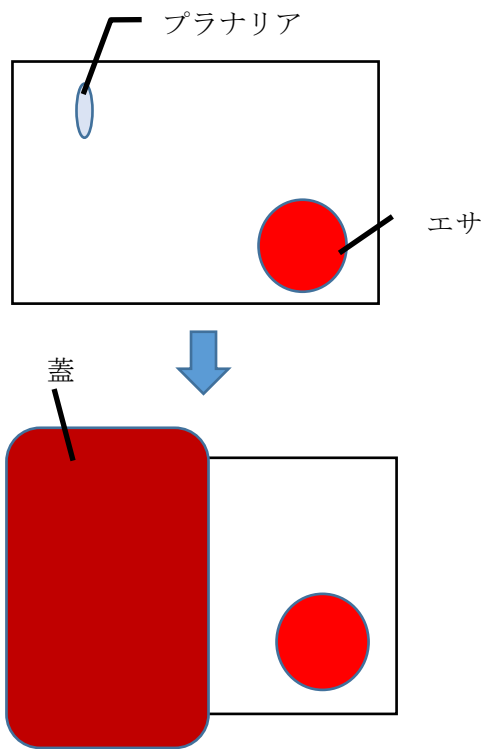


Fig.1 実験1の実験装置(その1)

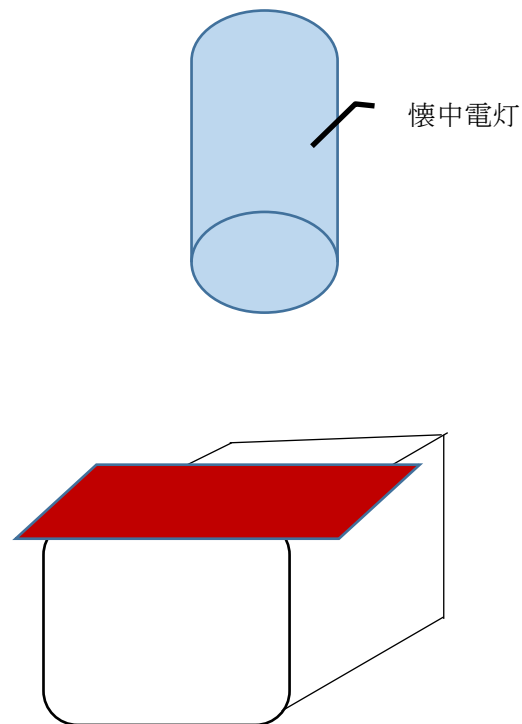


Fig.2 実験1の実験装置(その2)

## 実験2

1. 1週間絶食させたプラナリアを15匹用意する。
2. 上下に切断したプラナリアの尾部(5mm程度)を15匹分用意し、それらを5匹ずつのグループに分け、A,B,Cグループとする。この時、すべての個体が識別できるように別々の容器で飼育する。
- 3.【Aグループ】  
切断してから7日後にエサを与える。
- 【Bグループ】  
切断してから10日後、14日後にエサを与える。
- 【Cグループ】  
切断してから10日後、17日後、20日後にエサを与える。
4. 最後にエサを与えてから3日後に実験開始。

### 【実験方法】

\*用意するもの

- ・エサ
- ・スタンドライト
- ・長方形の容器
- ・プラナリア
- ・駒込ピペット(3ml)
- ・容器の覆い(Fig.5 参照)
- ・仕切り板(Fig.5 参照) →2 つとも紙とビニールテープ(黒)を使って作成。



エサ以外を所定の位置(Fig.3, 4 参照)に配置し、プラナリアが覆いのない場所へと出てくるまでの時間を計測する。また、この計測は時間を短縮するため、2 匹同時に実験を行っている。(駒込ピペットを用いてプラナリアを所定の位置に配置し、仕切り板を取り付けたと同時に計測を開始する。この時、計測時間の齟齬の発生を防ぐため急ぐ。)

計測時間が 30 分に達した時点でエサを容器内へと入れる。これはプラナリアに「光の当たっているところには餌がある」ということを学習させるためである。しかし、30 分以内にプラナリアが出てきた場合には、出てきた時点でエサを容器内にいれる。

計測時間の上限は 2 時間とする。

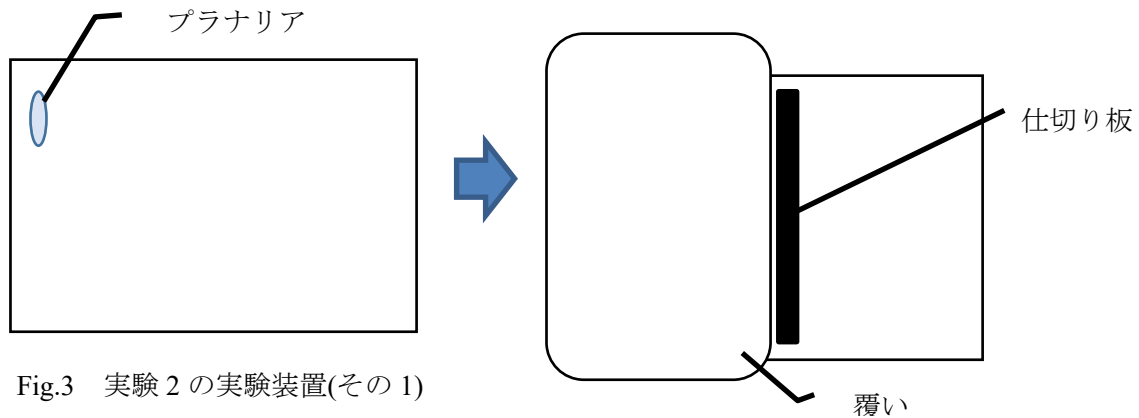


Fig.3 実験2の実験装置(その1)

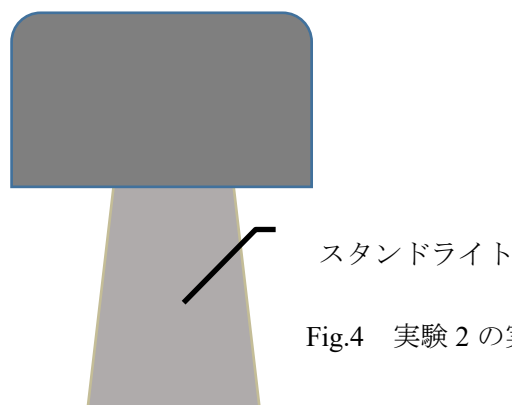


Fig.4 実験2の実験装置(その2)

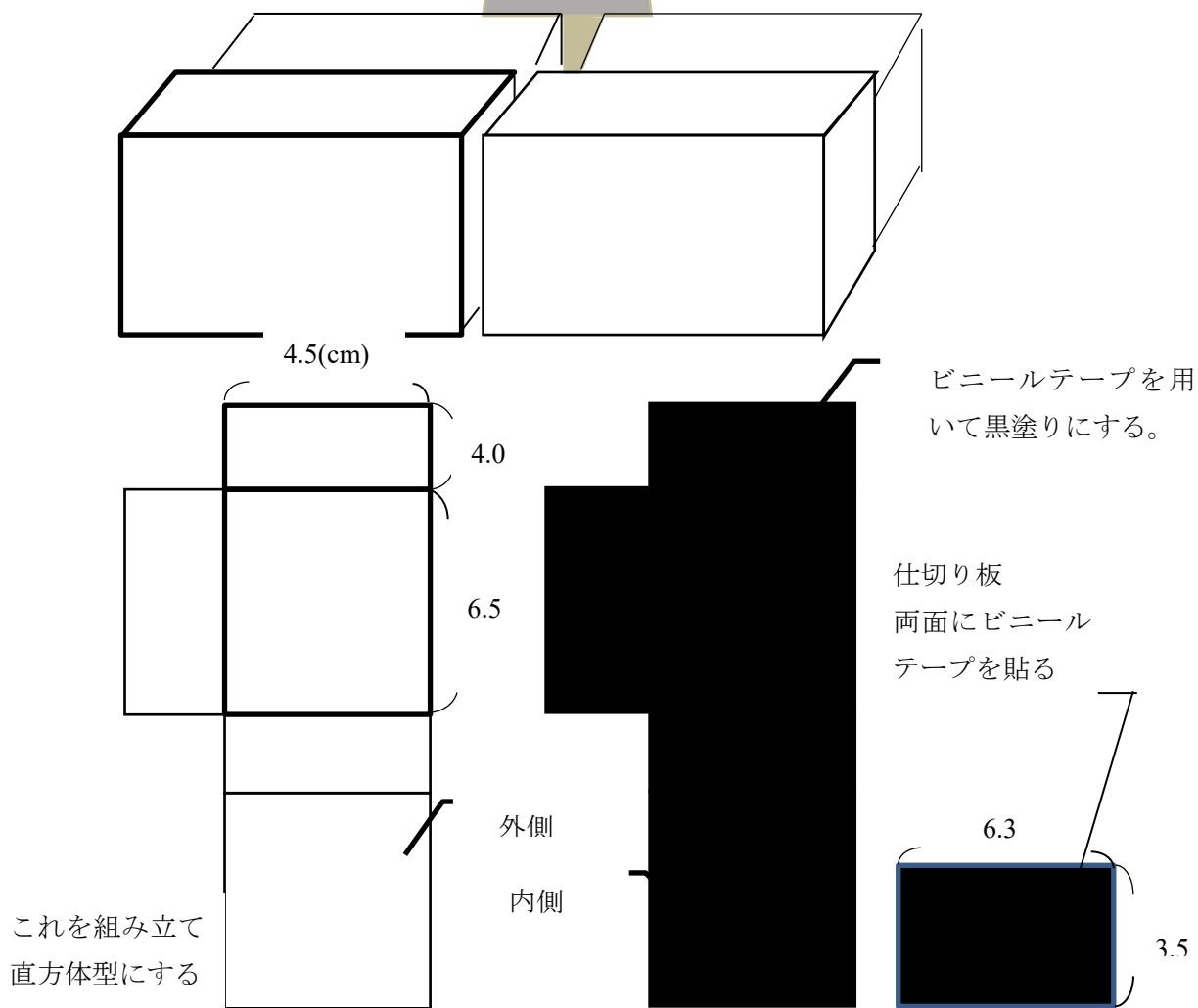


Fig.5 覆い設計図

### 3. 実験結果

実験 1 Table 1 各個体の計測結果

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
1	—	16:10	—	—	—
2	—	—	—	—	11:07
3	10:00	—	—	—	—
4	—	18:54	—	—	13:50
5	—	—	—	—	—

実験 1 の結果を Table 1 に示す。縦の番号は実験対象の個体番号、横の番号は実験の試行回数を表しており、また結果である計測時間は分:秒で表している。-(ハイフン)は計測時間が上限である 20 分に達したことを表している。

この実験方法ではデータがほとんど取れなかった。

### 実験 2

#### [A グループ]

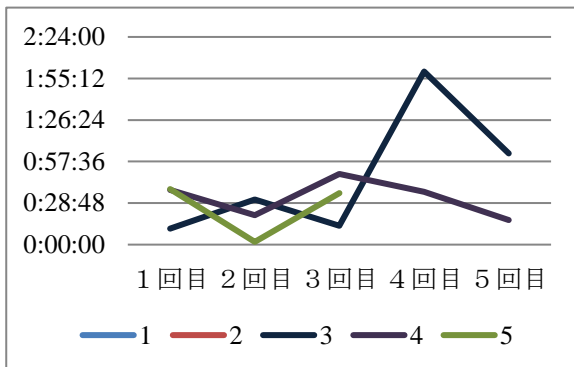


Fig.6 各個体の記録の推移

Table 2 各個体の計測結果

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
1	39:58	—	—	—	—
2	49:40	—	—	—	—
3	11:06	31:14	13:08	×	63:19
4	37:52	20:24	49:00	36:40	17:02
5	38:30	01:54	35:46	—	—

A グループでの実験結果を Fig.6 と Table 2 に示す。Fig.6 の横軸は実験回数。縦軸は計測時間(時間:分:秒)を表している。これはすべてのグラフに共通している。Table 2 のX印は計測時間が 2 時間を超えたことを示しており、正確なデータが取れている訳ではないが、Fig.6 上では 2 時間として表している。また、-(ハイフン)は実験 1 とは異なり個体の死亡などによって実験が不可能だったことを示している。実験 1 よりデータ数を多くとることはできたが、各個体の記録に一貫した特徴はみられなかった。

[B グループ]

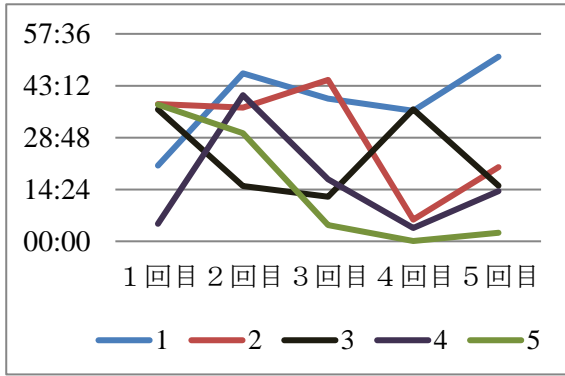


Fig.7 各個体の記録の推移

Table 3 各個体の計測結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	21:12	46:38	39:38	36:15	51:15
2	38:04	37:08	44:49	06:01	20:34
3	36:34	15:23	12:23	36:39	15:29
4	04:52	40:35	17:15	03:42	13:54
5	37:58	*	04:32	00:05	02:24

実験 2B グループの実験結果を Fig.7 と Table 3 に示す。\*印は実験上の不都合により 30 分で実験を中止したことを表している。なお、X印と同様に Fig.7 上では 30 分として表している。

この実験でも一貫した特徴はみられず、雑然とした結果となった。

[C グループ]

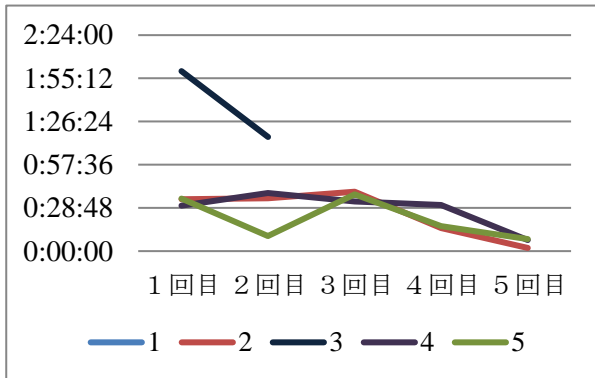


Fig.8 各個体の記録の推移

Table 4 各個体の計測結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	40:54	-	-	-	-
2	34:40	35:15	39:37	15:26	02:07
3	X	76:07	-	-	-
4	30:18	38:44	33:04	30:45	07:23
5	35:05	10:03	37:51	16:39	08:01

実験 2C グループの結果を Fig.8、Table 4 に示す。

この実験では Fig.8 の各グラフの形より、ほかのグループよりも回を重ねるごとに記録が縮んでいく傾向が見られた。

## 実験 2 の総合結果

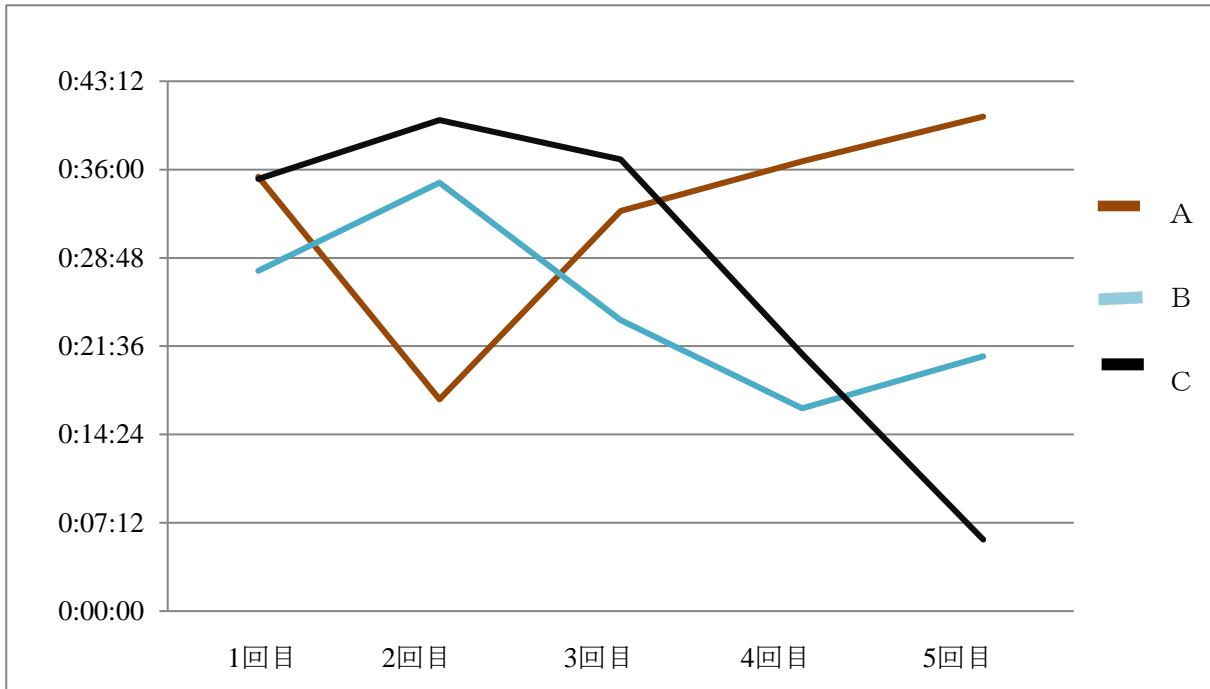


Fig.9 各グループの記録の推移

Fig.9 は実験 2 で行った A,B,C グループの実験結果を示しており、各グループで出た記録の平均値を実験の回数ごとに表している。

最後の実験である 5 回目の結果を参照すると、C グループのグラフが最も短い記録を示しており、それに B グループ、A グループが続く結果となっている。また、C グループのグラフにはほかのグループと比べ凹凸が少なく、比較的安定して記録が減少していったということがわかる。

### 4. 考察

実験 1 ではほとんどの実験が限度である 20 分を超えてしまっていることから、この実験で適用した「計測時間の限度を 20 分とする」、という条件が厳しすぎたのではないかと考えた。また、光の当て方が安定しない、蓋をしていてもあまり光が遮られない、などの実験方法の不備があり、そこを改善する必要も見られた。時間の都合上この実験では比較対象を用意することができず、データも十分にとることはできなかったため、この実験では用意した仮説に関してわかることは特にはなかった。

実験 2 からは、実験 1 の時よりも圧倒的に取れたデータの数が多いので、計測時間の限度を 2 時間としたことが適切だったとわかる。また、A→B→C グループの順、つまり実験開始時期が早い順に記録が短くなると思っていたが、実際の結果では 5 回目の実験で記録が短かった順番は C→B→A グループの順となり、予想とは正反対の結果が出た。

つまりこの結果から脳が形成されてからの時間が長いほど記憶の定着は安定して行われる、という説が考えられる。

### 5. 結論

実験 2 の「脳が発生してからの時間が長いほど記憶力はいい」という結論から「脳が発生してからの時間が長ければ長いほど記憶力がよくなっていく」

「脳が発生してからの時間が長いほど記憶力はよくなっていくが、ある段階に達するとそれ以上に時間が経過してもそこから記憶力に変化は無くなる。」

「脳が発生してからの時間が長いほど記憶力はよくなっていくが、ある段階に達するとそれ以上に時間が経過すると記憶力は低下していく。」

という3つの仮説を立てた。

今回の実験から、実験方法の安全性の確認や正確な記憶の定義の見直しの必要性が確認された。また、今後は新たに立てた仮説を確かめることも必要である。

今回の実験はプラナリアの記憶は脳にあると仮定したうえで行ったが、記憶は体細胞に存在するという説も存在するため、それを考慮した実験を行うことがあってもよいと思われる。

## 6. 参考文献

宮崎武史(2012)「プラナリアってなんだろう?切っても死なない無敵の生きもの幻冬舎ルネッサンス.

谷口詩音、谷井朋奈、丸山詩織、村井美月 「プラナリアの記憶」

<https://www.lib.keiko.ac.jp/hiyoshi/files/services/seminar/10-sist022020.pdf>

# ダンゴムシと植物の生育の関係

## 1. 緒言

皆さんは、生物の豊富な土は植物がよく育つという言葉聞いたことがあるだろうか。昆虫や微生物など分解者の役割を担う生物の多い土は豊かな土壌になるという意味である。中でもミミズについては研究が進み、「ミミズコンポスト」のようにミミズを使った堆肥作りなどがさかんに行われている。「ミミズコンポスト」は深さが 20cm から 45cm の不透明で通気性に優れる容器の中に腐葉土などの有機物とミミズを入れ、生ごみなどを餌として与えて堆肥を作るというコンポストである。ミミズコンポストは堆肥を作り植物の成長によい影響を与えるだけでなく、ゴミの分解も行うことから、近年問題となっている様々なゴミ問題の解決法となる可能性が高く、注目されている。

そこで、私たちは土壌の生物の中からダンゴムシに注目して研究を行った。ダンゴムシを実験に使用する動物として選んだ理由は、ダンゴムシが都会でも比較的発見しやすい動物であり、実験を行う大手前高校でも簡単に見つけることができるからである。また、ダンゴムシは触ると丸くなるという他の虫では見られない分かりやすく面白い特徴から、主に幼児向けにダンゴムシの生態を説明する本も多く出版されており、たくさんの方が触れ合うことの多い虫であると考えられる。小学校の生活科でも教材として用いられることがあるので、子供たちにとって親しみやすい虫である。そのような特徴を持つダンゴムシを用いて実験を行い、植物の成長など自然環境に良い影響を与えるということが分かれば、子供たちが生物に興味を持つきっかけになるのではないかと考えからダンゴムシを用いて実験を行うこととした。最終的にはミミズコンポストのように生ゴミの分解と堆肥作りを行うダンゴムシコンポストを作ることを目標として実験を始めた。

ダンゴムシのフンが植物をよく成長させると予想し、落ち葉の分解量から排出されるフンの量を予測し、そのデータを基にして植物の成長とどのように関係するかを調べた。

実験に用いる植物は、成長するスピードが速く、葉や根などいくつかの観点からダンゴムシによる成長の影響を考察できると考え、ハツカダイコンを選択した。

## 2. 実験手順

### 実験 1: 分解量を測定する実験

下のようなケース A、B をそれぞれ日陰に置き、水を与え落ち葉の質量の変化を調べた。

ケース A: ダンゴムシ 20 匹、落ち葉 2.0g

ケース B: 落ち葉 2.0g

### 実験 2: ダンゴムシが生活しやすい環境を調べる実験

シャーレを 4 個用意し、それぞれに土 25g、石 1 個、ダンゴムシ 5 匹を入れた。また、落ち葉は自然のままの落ち葉 0.5g またはシリカゲルで乾燥させた落ち葉 0.5g を、シャーレを置く場所は日なたもしくは日陰に分けて 3 週間飼育した。シリカゲルで落ち葉を乾燥させる方法として、シリカゲルを敷き詰めたシャーレに落ち葉を入れ、電子レンジで 20 秒加熱することで乾燥させるという手法をとった。ここで、13g の落ち葉をこの方法で乾燥させたところ、質量は 6g 減少して 7g になった。

また、晴れた日の午後 3 時の温度は、日なたで 32.5℃、日陰で 23.4℃であった。

まとめると、下のような条件で実験をおこなった。

シャーレ I: 日なた シリカゲル乾燥の落ち葉

シャーレⅡ:日なた 自然の落ち葉

シャーレⅢ:日陰 シリカゲル乾燥の落ち葉

シャーレⅣ:日陰 自然の落ち葉

### 実験 3:ダンゴムシが植物に与える影響を調べる実験

腐葉土を入れ、ハツカダイコンの種を 6 個撒いたプランターを 4 個用意し、以下のようにプランター内のダンゴムシの有無とダンゴムシのフンの有無によってハツカダイコンが育つ環境を分けた。

プランター①:ダンゴムシ無、フン無

プランター②:ダンゴムシ無、フン有

プランター③:ダンゴムシ有、フン無

プランター④:ダンゴムシ有、フン有

## 3. 実験結果

### 実験 1 の結果

12 日間実験を行ったところ、落ち葉はケース A で 1.0 グラム、ケース B で 0.3 グラム減った。

次の図 1 は、ケース A とケース B のそれぞれの減少量を観察日ごとに記録したグラフである。濃い色のグラフがケース A、薄い色のグラフがケース B の減少量を表している。

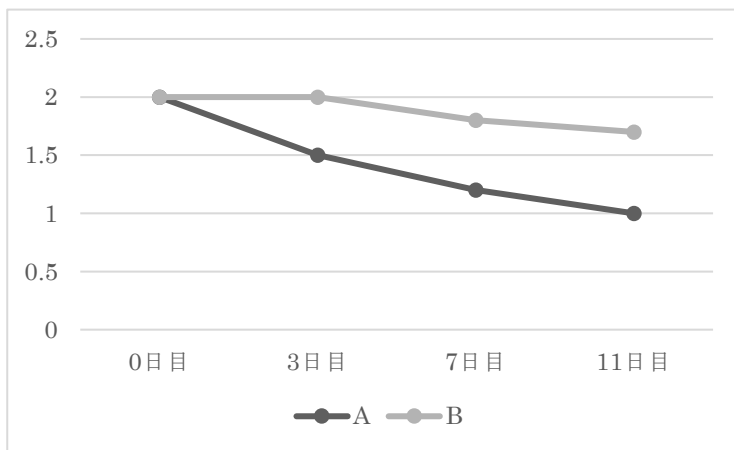


図 1 落ち葉の減少量

ケース A とケース B の減少量の差はダンゴムシによる影響だと考えられるので、ダンゴムシによる落ち葉の分解量は 12 日間で 0.7 グラムであると考えられる。

### 実験 2 の結果

次の表 1 は、それぞれの環境に置かれたシャーレ内のダンゴムシの様子を表した表である。

表 1 シャーレ内の様子

	落ち葉の種類	
	シリカゲル乾燥	自然に乾燥されたもの
日なた	×(脱走した)	△(約 1 週間で全滅)
日陰	○(2 匹死んだ)	◎(全部生き残った)





図2 発芽したハツカダイコンの画像

プランター③,④ではそれぞれ1つずつ発芽した。

次のハツカダイコンの画像(図2)は、左から、プランター②で育った小さいもの、プランター②で育った大きいもの、プランター③で育ったもの、プランター④で育ったものの順に並んでいる。

プランター①のハツカダイコンは途中で枯れてしまったため画像はない。

ダンゴムシが入っていたプランター③と④で大きく成長していることが分かる。

図3は、プランター1から4までの葉から茎までの長さの成長を表したグラフである。

それぞれのグラフの始点は発芽した日を表している。

プランター①のグラフとプランター④のグラフは、5月24日まで重なっている。

2つ発芽し成長したプランター②では、大きい方を計測した結果を示している。

プランター①は途中でハツカダイコンが枯れてしまいうまく育たなかったため、途中で途切れている。

プランター②は発芽が他と比べて1週間遅れているが、発芽してから1週間後の他のプランターの成長と比べると、あまり成長していないと考えられる。

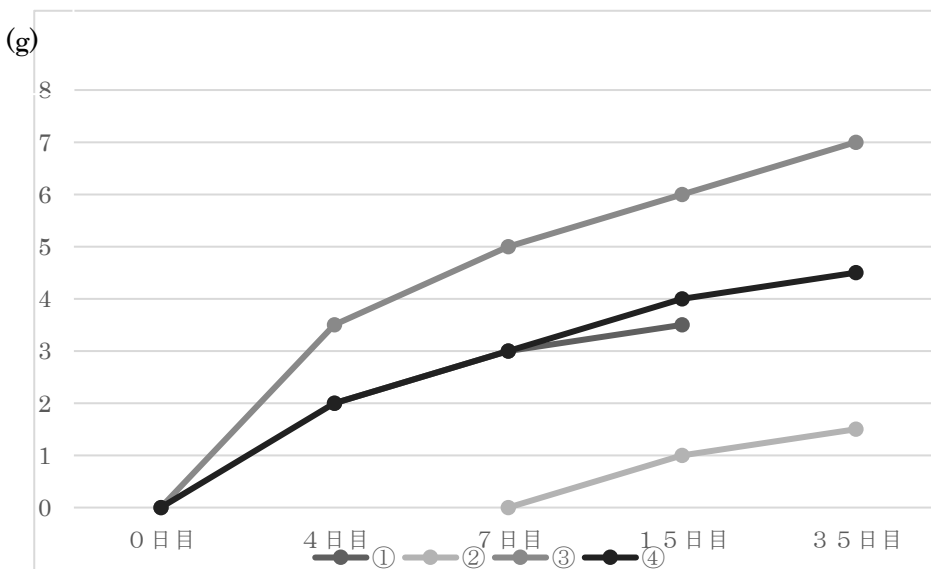


図3 ハツカダイコンの成長(茎)から根までの長さ

次の表 2 は、それぞれのプランターで成長したハツカダイコンの根の長さ・重さを計測した結果を表した表である。

この結果からも、ダンゴムシの入っていなかったプランター①、②と比べるとダンゴムシの入っていたプランター③、④で大きく成長したということが分かる。

表2 発芽したハツカダイコンの記録

プランター	根の長さ (cm)	重さ (g)	全長 (cm)
①	なし	なし	なし
②小	2.70	0.1	5.1
②大	2.35	0.2	4.8
③	9.55	0.8	18
④	5.75	0.5	12.9

実験 3 の結果をまとめる。

発芽時期をそろえて比較すると、ダンゴムシを加えたプランター③、ダンゴムシとダンゴムシのフンどちらも加えたプランター④、腐葉土のみのプランター①、ダンゴムシのフンを加えたプランター②の順によく成長した。

#### 4. 考察

##### ・実験 1 の考察

20 匹のハツカダイコンが 12 日間で 0.7g の落ち葉を分解したという結果から、ダンゴムシ 1 匹が 1 日に分解する落ち葉の質量は、 $2.9 \times 10^{-3} \text{g}$  であると考えられる。また、この値は、

$$\frac{\text{ダンゴムシが分解した落ち葉の質量}}{\text{実験を行った日数} \times \text{実験に用いたダンゴムシの数}}$$
 で求めた。

##### ・実験 2 の考察

日陰、日なたのどちらでもシリカゲル乾燥の落ち葉と自然に乾燥された落ち葉を比較すると、自然に乾燥された落ち葉で育った落ち葉で生活したダンゴムシの方が多く生き残った。

シリカゲル乾燥の落ち葉と自然に乾燥された落ち葉のどちらでも、日なたで生活したダンゴムシの方が生きた期間が長かった。湿度を一定にする条件で実験を行っていないため、断定することはできないが、温度の高い方が水分が蒸発しやすいので、総合的に判断して、温度より湿度の方がダンゴムシの生死に強く影響すると考えられる。

##### ・実験 3 の考察

ダンゴムシは植物の生育を促進させる働きをもつ傾向があると考えられる。

また、ハツカダイコンではダンゴムシのフンはハツカダイコンの生育にあまり影響を与えないと考えられる。ここで、ほかの植物ではどのような結果になるのか興味を持ち、似たようなコンセプトで行われた実験がないか調べたところ、このような実験があった。

京都教育大学の松良俊明(まつらとしあき)教授の研究「ダンゴムシの摂食活動が植物生産に与える正の効果」によると、

- ・ケヤキの葉 1 枚とダンゴムシ 20 匹を入れたダンゴムシ区、
- ・ケヤキの枯葉 1 枚のみを入れた枯葉区
- ・どちらも入れなかった対象区

を用意し、2 週間後ダンゴムシ区からダンゴムシを除去する。

論文に載せられた画像から判断すると、このとき、ダンゴムシ区のケヤキの枯葉はほとんどが分解され、枯葉区のケヤキの枯葉はそのままだった。

それぞれの容器に水を加えウキクサを栽培したところ、ダンゴムシ区のウキクサとそれ以外のウキクサの成長では極めて明瞭な差があり、枯葉区のウキクサは途中で枯れたが、ダンゴムシ区のウキクサの中には容器一杯にまで繁茂させているものもあったという結果だった。ダンゴムシのフンはウキクサの生育には良い影響を与えられられる。

ハツカダイコンではフンの存在よりもダンゴムシの存在の方が生育により関係したが、ハツカダイコンではない他の植物では、ダンゴムシのフンとダンゴムシの存在でより植物の生育に関するよい効果が得られるのではないかと考えられる。

## 5. 結論

私たちは、はじめがダンゴムシのフンが植物の成長に関係していると考えていた。しかし今回の実験ではダンゴムシのフンよりダンゴムシそのものが植物の成長に関係していると考えられる結果となった。

## 6. 参考文献

ダンゴムシの飼い方～ダンゴムシの飼育に挑戦してみよう

<https://hoiclue.jp/80000/615.html>

ダンゴムシの摂食活動が植物生産に与える正の効果

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjeez/20/20\\_31/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjeez/20/20_31/_pdf/-char/ja)

はじめようミミズコンポスト

<http://www.kowas.co.jp/mimizu/start.html>

## 蜘蛛の糸の強度実験

### 1. 概要

蜘蛛の糸は強いとよく言われる。そこで我々は蜘蛛の糸の強度を計測したいと考えた。今回実験対象としたのは、ジョロウグモ(学名 *Trichonephila clavata*)と、コシロカネグモ(学名 *Leucauge subblanda*)の二種類である。この二種について、糸の強度と耐水性を、それぞれ基準を設けて計測した。

ジョロウグモはジョロウグモ科に属し、糸が強いことでよく知られている。

コシロカネグモは、アシナガグモ科に属し、ジョロウグモよりも糸が弱い、水辺に巣を張るため、糸が耐水性を持つことが考えられた。



図 1 左:コシロカネグモ 右:ジョロウグモ

### 2. 目的

ジョロウグモとコシロカネグモの糸の強度と耐水性を測り、両種の差を確認するとともに、蜘蛛の糸の強度の計測に適した測定方法を確立すること。

### 3. 実験手順

#### 実験 I : 基準となる蜘蛛の糸の強度を計測する実験

京都府嵐山の竹林で採取した雌のジョロウグモ 6 体(個体 1~6)を用いて強度測定の実験を行った。

試験管 (IWAKI, TE-32) に 30 巻の糸を巻き取り、試験管、黒画用紙、ビーカー、駒込ピペット、プラスチックのコップ、針金を用いた装置を使い強度を測定した。

図 2 のように一筋の糸では強度が弱すぎておもりをかける等の計測方法が困難だったため、試験管に何重にも糸を巻き取り、慎重に取り外してその輪におもりをかけることにした。糸を採取するときは、蜘蛛を試験管に乗せ、糸を出して降りようとするところを巻き取った。これを何度も行い、複数の標本を得た。〈図 2-(1)〉

一つは空気中、もう一つは水につけ卓上型人工気象機(LH-55-RD, Kenis 株式会社)を用いて 23℃ で一定時間経過させた。〈図 2-(2)〉

糸の輪にコップを吊るし、そのコップにスポイトで水を足していき、糸が切れた時点でのコップ全体の重量を糸の強度とした。〈図 2-(3)〉

コップのみでは 5g である。なお、実験 I では (2) の手順を省き、採取後すぐに強度を測定した。

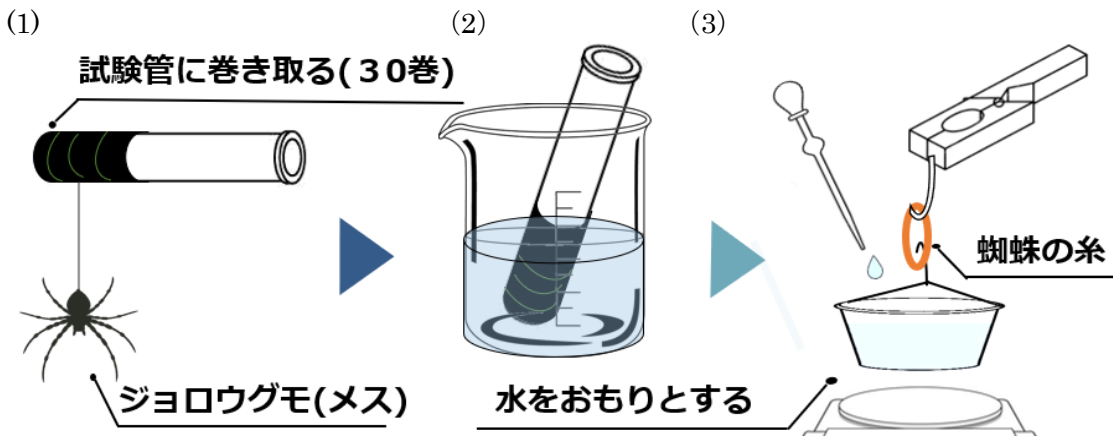


図2 強度の測定方法

#### 実験Ⅱ:ジョロウグモの糸の耐水性を調べる実験

ジョロウグモの糸はタンパク質でできた繊維なので、水に浸すことでもつれ、羊毛のごとく劣化するかもしれないという考えから糸を水につけた際の強度変化について調べることにした。

実験Ⅱでは30巻で実験を行った。経過させた時間は1時間、16時間、24時間、48時間で、その後取り出して実験Ⅰと同様に強度を測定した。採取後ただちに強度を計測した値は0時間経過時として扱った。測定は全て個体6から得た糸を用いた。

#### 実験Ⅲ:別種の蜘蛛との耐水性の比較実験

コシロカネグモの雌を合計3匹、石清水八幡宮にて捕獲した。

コシロカネグモも実験Ⅱと同様に実験を行った。ジョロウグモはかなり弱っており30巻を採取することが困難であったため、20巻で実験を行った。コシロカネグモも同様に20巻で行う予定であったが、ジョロウグモよりはるかに糸が弱く実験に使用できなかったため30巻で採取した。

計測方法は図2と同じで、今回経過させた時間は24時間、48時間である。採取後ただちに強度を計測した値は0時間経過時として扱った。

## 4. 実験結果

### (実験Ⅰ)

30巻の強度を7回計測したところ、以下のような値が得られた。

72.6g 57.2g 99.2g 97.2g 83.1g 104.0g 60.5g 平均81.97g

この結果を図3に示す。図3から分かる通り強度差が大きく、一定の基準値をとるのは難しかった。

### 各個体の強度（30巻き）

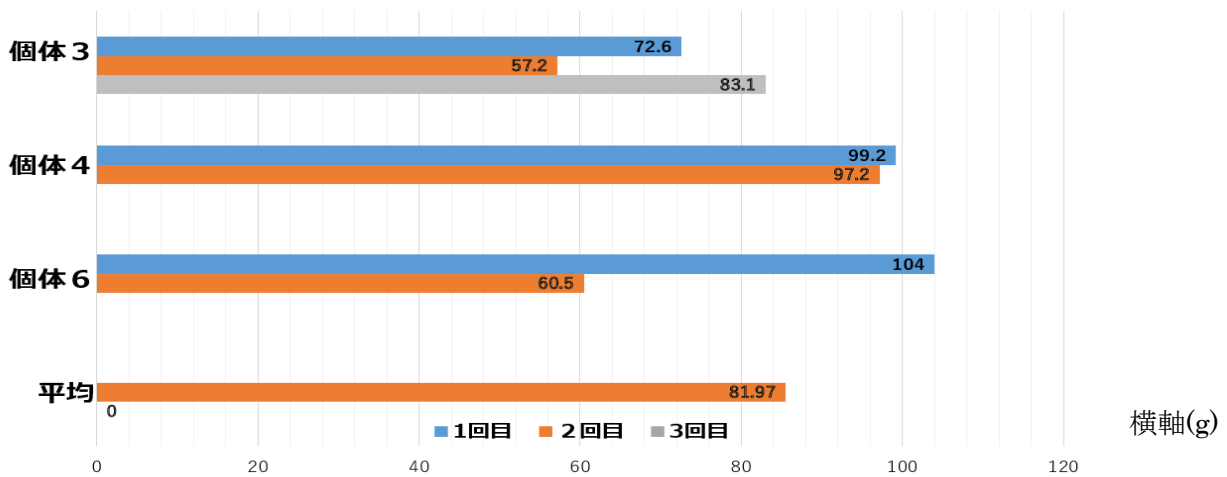


図 3 ジョロウグモ 30 巻きの強度

#### （実験Ⅱ）

実験から得た結果を表 1 に示す。結果から分かる通りやはり強度差が大きかった。そのため、各時間の水中で保存した系の強度÷空気中で保存した系の強度、すなわち強度の変化割合で比較することにした。これを表 1 に（水÷空気）の値として示す。例えば、1 時間経過時の 0.92 の値は水につけた系の強度はつけなかった系の強度の 90%程度であり、水につけることで 10%強度が低下したことを意味する。この値をグラフに示したものが図 4 である。図 4 から、はじめは水につけた系はつけなかった系より強度が低下するが、一定時間を境に空中保存したものより強度が大きくなると分かった。

表 1 個体 6 の水につけた糸とつけていない糸の強度変化

	0 時間	1 時間	1 6 時間	2 4 時間	4 8 時間
空気 (g)	30.8	18.3	30.8	34.4	24.5
水中 (g)	—	16.9	20.7	48.9	30.4
水÷空気	—	0.92	0.67	1.19	1.24

## 個体6の浸水時の強度差

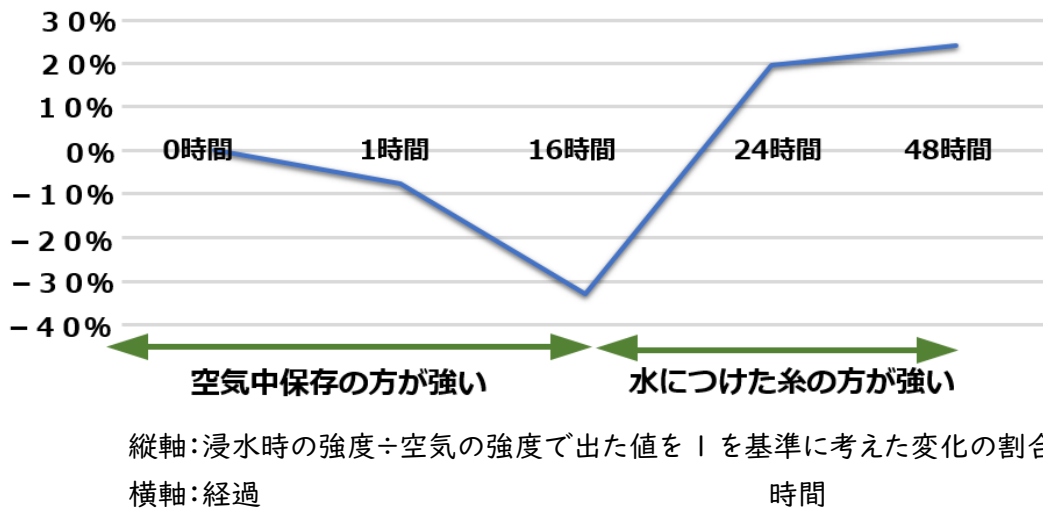


図 4 強度変化の割合

### (実験Ⅲ)

ジョロウグモのデータも比較対象として同時に表記した結果が図 5 である。

コシロカネグモの糸は 30 巻でも弱すぎて、計測に使うコップ (5g) に耐えられないことがあった。つまり、5g で表示しているが、実際には 5g 以下の強度にしか耐えられないことを意味する。

図 5 から分かるように、ジョロウグモの糸 20 巻、コシロカネグモの糸は 30 巻で実験を行ったが、それでもなおジョロウグモの糸の方が強かった。また、ジョロウグモの糸は水につけると強度が大きくなったが、コシロカネグモの糸は水につけることで強度が小さくなる結果となった。両種ともに時間経過による強度の劣化が見られた。

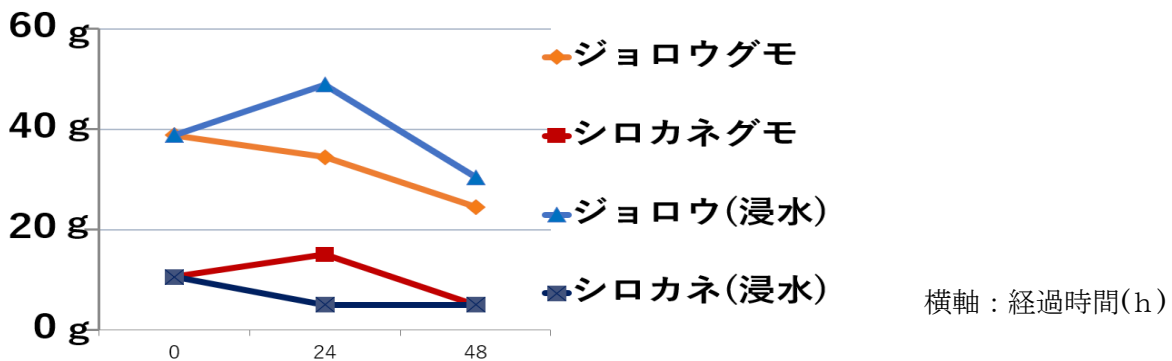


図 5 ジョロウグモとコシロカネグモの耐水性の比較

## 5. 考察

実験Ⅱにおいてジョロウグモの糸が一定時間を境に強度低下の割合が小さくなったのは、水を吸収できる限界量に達したためだと考える。

実験Ⅲではジョロウグモとコシロカネグモを比較して、圧倒的にジョロウグモの糸の方が強いことが分る。これは、ジョロウグモ科の進化の過程で糸を発達させたためだと考えた。ジョロウグモ科の雌は造網性の蜘蛛の中でも重量があり、その体重を支え、大きな体に見合う量の食事を確保するため、網がきめ細かく、大きくなった結果だと我々は予想している。水につけるとより強度が大きくなるジョロウグモと比べ、コシロカネ

グモは水につけると強度が落ちた。我々の予想に反してコシロカネグモの糸は水につけると劣化する性質があるようだ。ただし、水につけることで糸の強度が大きくなるか小さくなるかは、現時点では結論を出すことができないといえる。使用した個体数が少ないうえに、とったデータの量も十分とはいえない。

ただし、我々が確立した計測方法は蜘蛛の糸の強度を計測することに役立つと判断している。試験管に巻きつけることで、デリケートな素材である蜘蛛の糸を傷ませず、紛失させずに管理できるためである。値の分散は否めないが、蜘蛛の糸の強度を数値化させることで、実験そのものを可能にした。

## 6. 結論

蜘蛛の糸は水を吸収することができ、同時に強度も低下する可能性があると考えた。蜘蛛の個体数の確保が今後の課題である。そして、データをさらに増やし、より正確な値をとりたい。

また、糸の強度の計測方法は確立できたものの、コシロカネグモの糸は弱すぎて実験には不向きだった。今後コシロカネグモを扱うなら糸の巻き数をさらに増やすか、また違った計測方法を試したい。また、今回は蜘蛛の糸が水を吸収したという確証が得られなかったので、次回は蜘蛛の糸が確かに吸水して劣化したということを確認したい。

我々が確立したこの計測方法が、蜘蛛の種や科の判別の一助となればよいと考えている。

## 7. 参考文献

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/62/2/62\\_2\\_P\\_42/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/62/2/62_2_P_42/_pdf)

クモの糸の秘密 大崎茂芳教授



# スマホでアリを制御できるのか

## 1, 諸言

私たちは、5G に興味を持ち、生物への影響があるのかどうかを調べることにしました。それを調べている中で、"スマートフォンに電話がかかるとその周りにいるたくさんのアリが一定方向に回りだす"という海外の動画を見つけました。その動画から、電波や磁界がアリの行動になんらかの影響を与えているのではないかと思い、アリについて、研究することに決めました。

そもそも5G とは、電磁波の一種である電波であり従来の4G よりも高速且つ大容量且つ低遅延であり一度に多くの機器が接続可能なものです。

## 2, 実験と結果

### ◇実験1

#### ○実験器具

- ・水槽
- ・食品用ラップで包んだスマートフォン
- ・トビイロシワアリ(学校で採集)
- ・アシナガアリ(交野山中腹で採集)
- ・ベビーパウダー



図1 実験1の様子

#### ○実験手順

- ① アリを入れた水槽の真ん中にラップで包んだスマートフォンを置きます。
- ② 普通の電話で電波を受信させて観察します。
- ③ LINE 電話で電波を受信させて観察します。

#### ○結果

下の図の結果の様な結果になりました。

変化は見られませんでした。電波は電磁波の一種であり電場と磁場から構成されているため、磁界についての実験を行うことにしました。

表1 実験1の結果

トビイロシワアリ	1回目 (LINE電話)		2回目 (電話)	
	周回	その他の変化	周回	その他の変化
音	×	無し	×	無し
振動	×	無し	×	無し
音+振動	×	無し	×	無し

アシナガアリ	1回目 (LINE電話)		2回目 (電話)	
	周回	その他の変化	周回	その他の変化
音	×	無し	×	無し
振動	×	無し	×	無し
音+振動	×	無し	×	無し

## ◇実験2

### ○実験器具

- ・抵抗器(51Ω)
- ・デジタルマルチメーター
- ・コイル
- ・検流計
- ・銅線
- ・自作したステージ
- ・ベビーパウダー
- ・食品用ラップ
- ・トビイロシワアリ(学校の中庭で採集)
- ・クロオオアリ(購入したもの)

### ○実験手順

- ①51Ωの抵抗を用い100mA、5.66Vの回路を作ります。
- ② 作り出された磁界に数匹のアリを、10分間放します。
- ③ 実験中の様子と実験直後の様子を観察します。

### ○結果

- ・トビイロシワアリはほとんどの個体で触角をすり合わせ動きが鈍くなるという変化が見られました。しかし、後日トビイロシワアリが全滅してしまったのでこの実験は一度しか行えませんでした。
- ・クロオオアリでは触角を萎縮させ、折り畳み動きが鈍くなるという変化が見られました。また、1週間ほどたったのち、アリは実験中に激しく活動しその次の日に死亡するということが立て続けに確認できました。
- ・トビイロシワアリの全滅に関しては、もともとトビイロシワアリが弱い個体だったこともあり、実験の影響かどうかはわかりません。クロオオアリの死亡については、実験した個体のほとんどが同じ様に死亡したため、磁界の影響かはわからないが少なくとも実験の影響で死亡したのではないかと考えています。

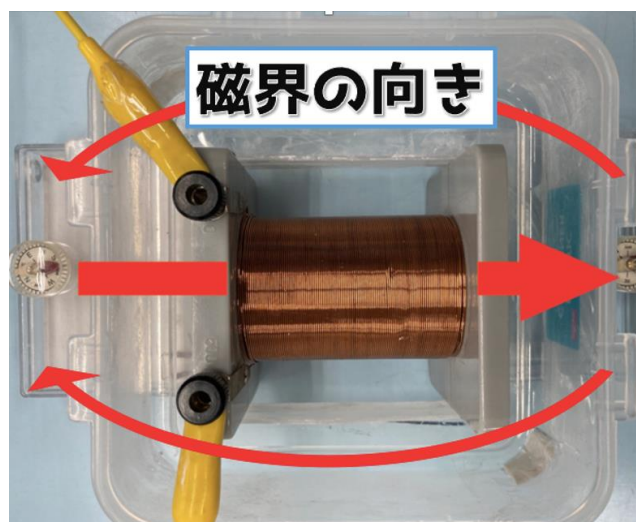


図2 実験2のコイルと磁界の向き

## 実験Ⅱの結果

- ・表2から読み取れること
- ・アリが磁界から何らかの影響を受けているということ。

表2 実験2の結果

	日付	気温[°C]	アリの 個体数[匹]	アリの様子
1日目	1月14日	-	3	触覚がずっと曲がってた。異常行動なし。
2日目	1月15日	21.8	3	アリの放出場所の問題かもしれないが3匹まとまってあまり動かないかった。異常行動なし。
3日目	1月18日	-	3	異常行動なし。3匹集まり動かなかった。
4日目	1月19日	22.4	3	ア리를別々に放ったが、ずっと動かなかった。異常行動なし。
5日目	1月20日	21.7	3	ア리를別々に放ったが、3匹集まりずっと動かなかった。異常行動なし。後に1匹の死亡が確認された。
6日目	1月21日	23	2	電源を切ってから動き回るアリとずっと動かないアリが確認された。
7日目	1月22日	-	2	あまり動かなかった。
8日目	1月25日	23.5	2	片方のアリは動き回るが、もう1匹は動かなかった。
9日目	1月26日	23.5	2	大きいアリは動かないが、小さいアリは動き回った。後に小さいアリの死亡が確認された。
10日目	1月27日	16.5	1	動き回っていた。
11日目	12月8日	21	1	7分ぐらい経つと動かなくなった。
12日目	1月29日	22.4	1	すぐに動かなくなり、触覚も折り畳んでいた。
13日目	2月1日	-	1	終始動かなかった。触覚にも特に目立った動きはなかった。
14日目	2月2日	21.5	1	2分後から動きが止まった。
15日目	2月3日	19.5	1	15日目よりも動いていない。
16日目	2月4日	22	1	触覚を気にしていた。
17日目	2月5日	22.5	1	動かなかった。
18日目	2月9日	22.1	1	搬送の際にア리를負傷させてしまった。
19日目	2月10日	21	1	激しく動き回っていた。
20日目	2月13日	23	1	動き回った。普段と変わらない様子。
21日目	2月15日	-	1	-
22日目	2月16日	-	1	脱走を試みていた。
23日目	2月17日	-	1	脱走を試みていた。
24日目	2月18日	-	1	脱走を試みていた。
25日目	2月19日	-	1	異常行動なし。
26日目	2月20日	20.5	1	アリがとても弱っていた。後に死亡が確認された。

◇実験2'

○実験器具

- ・抵抗器 (51Ω)
- ・デジタルマルチメーター
- ・コイル
- ・検流計
- ・銅線
- ・自作したステージ
- ・ベビーパウダー
- ・食品用ラップ
- ・X, 触角を2本切ったアリ(2匹)
- ・Y, 触角を1本切ったアリ(2匹)
- ・Z, 触角を切らないアリ(2匹)

○実験手順

X Y Z を同じ磁界を発生させた場所に入れて実験Ⅱと同じ操作を行いました。

○結果

触角を切ったアリはいずれも動きが鈍くなりました。また、触角を1本だけ切ったアリは壁に沿うようにフラフラと歩いていました。また、触角を切ったアリとそうでないアリは、磁界に入れたあとも触角の影響以外の違いが見られませんでした。

表3 実験3の結果

クロオオアリの 状態と(個体数) 観察のタイミング	X (2)	Y (2)	Z (2)
触覚を切った直後	変化なし	触角を足で触るような動きが見られ、動きが鈍くなり、壁に沿うようにふらふらと歩いていた	触角を足で触るような動きが見られた
実験中	特に影響がないように見えた	ある場所で止まってほぼ動かなくなった	ある場所で止まってほぼ動かなくなった

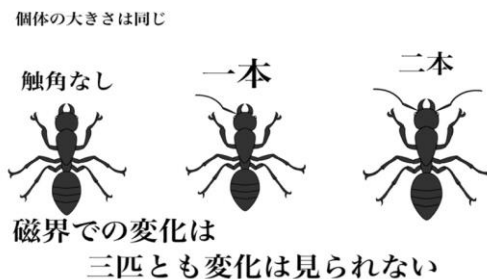


図3 実験で使用したアリの模式図

### 3, 考察

私たちは、実験Ⅰ～Ⅱ'を通してアリが磁界に受ける影響があると考えました。小さい個体ほど、磁界に入れた時に磁界から受ける影響が大きく、大きい個体ほど受ける影響が少ないと表から言うことができます。また大きな個体は遅延して影響があり、凶暴になり仲間の身体の部位を引きちぎり共食いをするという光景を私たちが見ただけでも3回は行われました。

どんな物質が、どんなエネルギーが、アリに影響を与えているのかは未だ判明していませんが、同じ種類のアリでも個体の大きさによって反応が違ってくるのがわかりました。

### 4, 結論

私たちはアリの実験を通して、磁界はアリに何らかの影響を与えている、ということがわかりました。しかし、何がアリをその様な行動に導いたのかはわかりませんでした。そのひとつの原因として、アリの脳の作りがかなり複雑というところにあります。複雑なアリの脳にどのような影響を与えるかの可能性を排除していくためにはたくさんの対照実験を行わなければなりません。

今後は、様々な環境要因を排除して何が影響を与えているのかを判明させたいです。そのために、一度箕面昆虫館の館長の中峰先生にお話を聞きにいきました。その時に、アリよりもっと作りや、動きの簡単なショウジョウバエを用いることを勧められました。ショウジョウバエでより実験の正確性を上げ、アリへの影響について追求していきたいと思えます。

### 5, 参考文献

・アリがスマートフォンの周りを回る動画

(Ants Circling My Phone - iphone ant control - Ameisen umkreisen iphone)

<https://m.youtube.com/watch?v=GFX7mRI7xDs&feature=youtu.be>

・クロオオアリの脳

[https://invbrain.neuroinf.jp/modules/htmldocs/IVBPF/Ant/Ant\\_brain.html?ml\\_lang=ja](https://invbrain.neuroinf.jp/modules/htmldocs/IVBPF/Ant/Ant_brain.html?ml_lang=ja)

・アリのケミカルコミュニケーション

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/24/1/24\\_1\\_3/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/24/1/24_1_3/_pdf)

・アリのフェロモンについて

[https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shyo\\_list/2013/jrhl.pdf](https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shyo_list/2013/jrhl.pdf)

・サイクロトン共鳴について

<https://masashi.issp.u-tokyo.ac.jp/yoshida/dscr.html>

# 吸水性ポリマーで最強の土を作ろう

## 1. 緒言

吸水性ポリマーとは自重の数百倍の水を吸収する高分子化合物で、おむつや保冷材などに使われている。

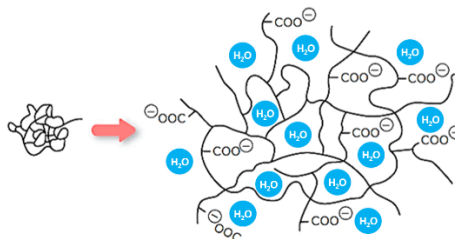
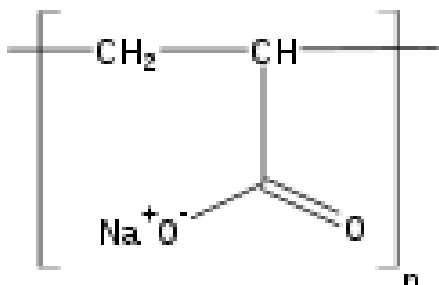


図 1: 使用したポリアクリル酸ナトリウムの構造式 図 2: 吸水性ポリマーが水を吸収する様子

実際に吸水性ポリマーが国際緑化推進センターのホームページなどから土壌の保水材などに使われていると知った。吸水性ポリマーの特性を最も活かした使い方がないと考え、吸水性ポリマーの効果を調べる実験、土と吸水性ポリマーの混ぜる割合を変えてどのような違いがみられるかを調べる実験、吸水性ポリマーの形状を変えて形状の違いによる根の張り方の違いを調べる実験、土と混ぜる吸水性ポリマーの形状を変える実験を行った。

## 2. 実験手順

### 実験① 吸水性ポリマーの効果を調べる実験

ポリマーを使用すると植物の生育にどのように影響するかを調べるため、エンドウ(サカタのタネ: つるなしスナック 2 号)を土とポリマーを質量比 5:5 で混ぜたもの、土のみ、ポリマーのみのものをそれぞれポットに入れ、エンドウの種を 3 つ植えた。使用したポリマーはジェルポリマー(ダイソー)、水やりは週 2 回、室温は 20°Cで行った。

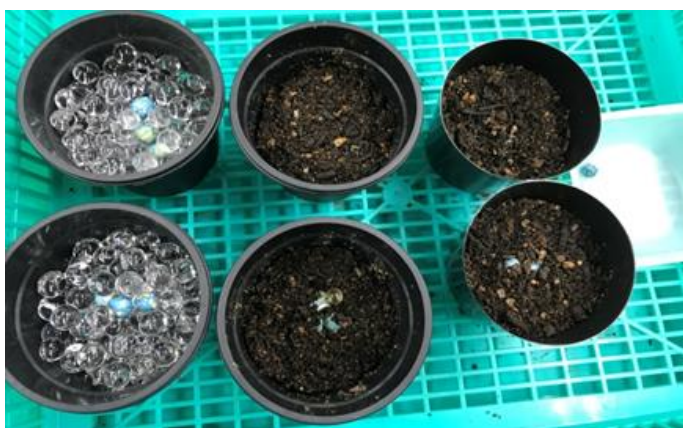


図 1 左からポリマーのみ、土とポリマーを 5:5 で混ぜたもの、土のみ

### ② 土と吸水性ポリマーの割合を変える実験

ポリマーと土の割合の違いによって植物の生育にどのように影響するかを調べるため、ジェルポリマー(ダイソー)と土を 10:0、7:3、5:5、3:7、0:10 の割合でそれぞれポットに入れ、エンドウの種 3 つ植えた。水やりは週 2 回、室温 20°Cで行った。



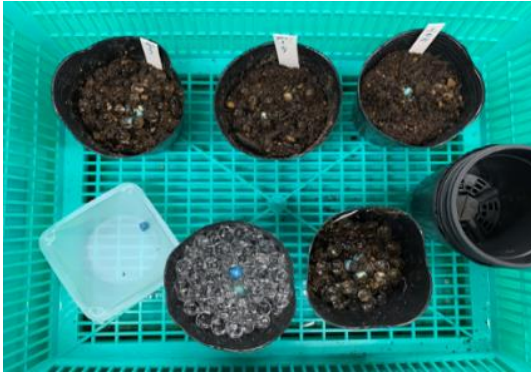


図 2 右上から反時計回りに(土:ポリマー) (10:0) (7:3) (5:5) (3:7) (0:10)

### ③吸水性ポリマーの形状を変えて根はりを観察する実験

ポリマーの形状を変えて根はりを確認するために、ジェルポリマー(ダイソー)、保冷剤(キャッチクール) ペットシート(ユニ・チャーム)、寒天(水 300ml に対して 3.0g) をそれぞれプラスチック容器に入れ、エンドウの種を 3 つ植えた。水やりはせず室温 20℃で育てた。

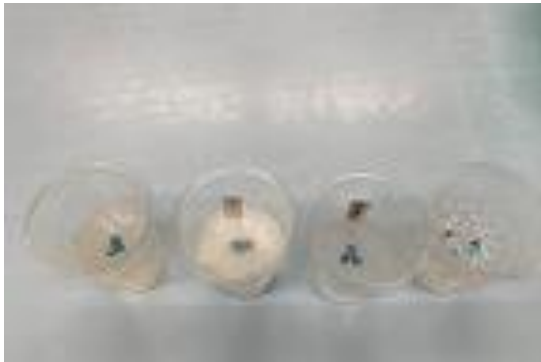


図 3 左から寒天、ペット用シート、保冷剤、ジェルポリマー

### ④吸水性ポリマーの形状を変えて根はりを観察する実験 2

ポリマーの形状を変えた時、植物の根の張り方に違いがあるかを調べるためにジェルポリマー(ダイソー)、保冷剤(キャッチクール) ペットシート(ユニ・チャーム)、寒天(水 300ml に対して 3.0g) を試験管に入れ、エンドウの種を 1 つ植えた。水やりはせず室温 20℃で育てた。



図 4 左から寒天、ジェルポリマー、保冷剤、ペット用シート

⑤土と混ぜるポリマーの形状を変える実験

超吸水性樹脂(ケニス、1-110-0985) 5g に対し水 300g を吸収させゲル状とした。土と混ぜるのに適しているポリマーを調べるために、このゲル状のポリマーと同体積の土を混ぜたもの、ジェルポリマー(ダイソー)と同体積の土を混ぜたもの、土のみのものをそれぞれペットボトルに入れ、屋外でハツカダイコンを育てた。すべてのペットボトルに乾燥を防ぐ目的でラップをかけ、水やりは播種時のみ行った。

- I. 土のみ
  - II. ゲル状のポリマーと土
  - III. ジェルポリマーと土
- (図 3)

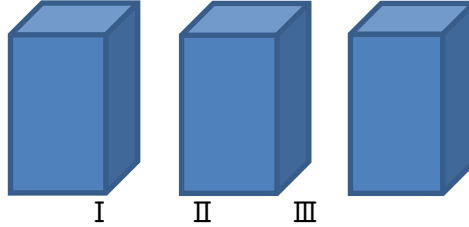


図 3

3. 実験結果

実験①



※①の実験は予備実験で最終結果を写真として残していなかったため、ポリマーのみの実験途中の写真(図 5、図 6)を根はりが悪いことを示す写真として使う。

図 5 ポリマーのみ i

図 6 ポリマーのみ ii

- ・土とポリマーを 5:5 で混ぜたものが一番大きく育った。
  - ・ポリマーのみのみは安定せず、根はりが悪かった。
- (芽が出るまで育たなかったため数値では計測していない)

実験②

表 1 土とポリマー割合別に根はりと茎の長さを比較した表



図 7 土とポリマー割合別比較

	根はり	茎の長さ(cm)
土のみ	◎	12.0
ポ 3:土 7	◎	14.8
ポ 5:土 5	◎	9.0
ポ 7:土 3	○	12.2
ポリマーのみ	×	3.5



- ・ポリマーのみ(図7、一番右)は①の実験と同様安定せず、根はりが悪かった。
- ・表1より、土のみまたは土とポリマーを混ぜたものはどれも大きな違いは見られなかった。
- ※根はりはポットに強い衝撃または弱い衝撃を与えたとき、苗全体が傾いたり中央から移動していないかで判断した(◎:強い衝撃を与えても変わらない ○:強い衝撃では苗が傾いたり移動したりするが、弱い衝撃では変わらない △:弱い衝撃で苗が傾いたり移動したりする ×:根を張っていない)

実験③



図8:寒天



図9:ペット用シート



図10:保冷剤



図11:ジェルポリマー



図12:カビの様子

それぞれのポットに植えた3つの種は同じ条件で育てられている  
表2.ポリマーの形状別に根はりと茎の長さを比較した表

	根はり※1	茎の長さ(cm)※2
寒天	○	6
ペット用シート	△	4
保冷剤	×	測定不能
ジェルポリマー(球状)	×	1

- ・図8より寒天は成長に差が見られた。
- ・保冷剤(図10)とペット用シート(図9)は種が腐り、途中で成長が止まった。
- ・図11よりジェルポリマーで育てた場合は根が短く多方向にのびている。
- ・保冷剤の様子(図12)のように、ジェルポリマー以外はカビが生えた。
- ・表2から、寒天以外のポリマーは根はりが悪いことが分かった。

※1 根はりの見方は実験②と同じ

※2 茎の長さは一歩伸びたものを計測した

実験④

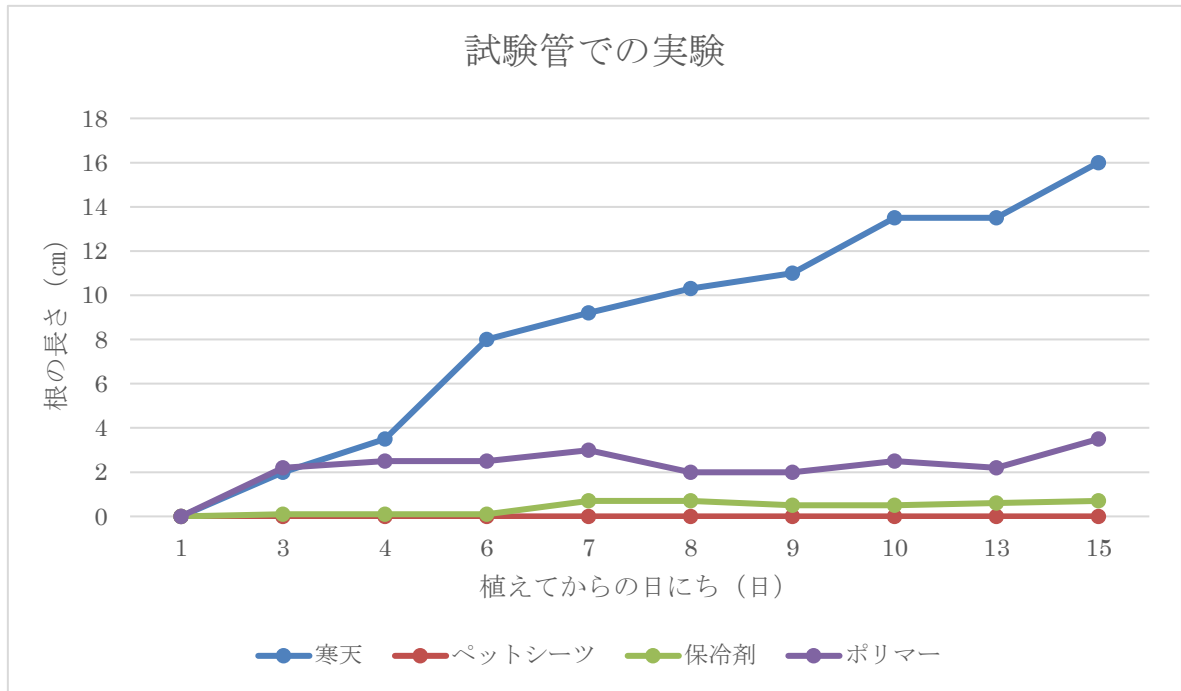


図 13.試験管で育てたエンドウの根の長さとう育日数の関係

- ・土日祝日は測定なし。
- ・試験管の外側から測ったため、正確に測定できていない日がある



図 14:寒天

図 15:ペット用シート

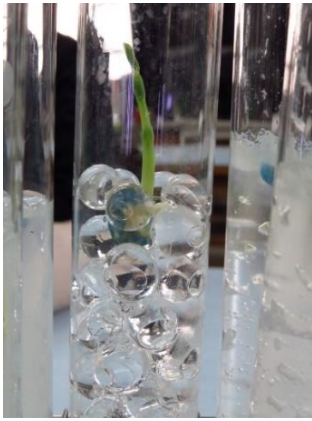


図 16:ジェルポリマー 図 17:保冷剤

- ・寒天で育てた場合(図 14)では、安定して根が張れており、最も成長した。
- ・寒天(図 14)、ペット用シート(図 15)では、ほとんど成長が見られなかった。
- ・ジェルポリマー(図 16)では、根はりが悪く、根を張る段階以降の成長があまり見られなかった。

#### 実験⑤



図 18:土とジェルポリマー 図 19:土とゲル状のポリマー 図 20:土のみ

- ・球状のポリマーと土を混ぜたもの(図 18)はこの写真以降成長しなかった。
- ・ゲル状のポリマーと土を混ぜたもの(図 19)、土のみ(図 20)は子葉が開く前に枯れた。
- ・ゲル状のものは乾燥して表面の土が固まった。
- ・二週間程度ですべて枯れた。



実験⑤の前にゲル状のポリマーと土の割合を変え、スナップエンドウ、ハツカダイコン、小松菜を実ができるまで屋外で育てようとしたが、ポリマーがプランターから漏れ出してできなかった。

図 21:何らかの原因でポリマーが水に溶けた

#### 4. 考察

実験①と実験②の結果から、私たちが使用した吸水性ポリマーは土と比べて養分を与える機能が少ないことが分かった。また、球状の吸水性ポリマーは特に根を張るには不安定であると考えられる。私たちが行った実験での吸水性ポリマーの濃度が適していなかったため、吸水性ポリマーから供給する水の量は植物が根から吸収できる量を超えていたため、種子が腐ってしまったと考える。

実験③でジェルポリマー以外にカビが生えた原因については水分の過多に加えて寒天は主成分である糖がカビの養分になったことが挙げられる。保冷材は防腐剤が含まれているにも関わらずカビが生えたが、原因はわからない。

今回使用したポリアクリル酸ナトリウムは長い鎖状の高分子化合物で、水中で電離しナトリウムイオンとポリアクリル酸になり、カルボキシ基が反発しあって広がったところに水分子が入り込むことで吸水するが、吸水性ポリマーは架橋されているので水に溶けることはなく、ポリアクリル酸ナトリウムと水分子の結びつきが強いため保水力が高い。架橋とは鎖状の吸水性ポリマーをつなぐことで、架橋する物質や密度を変えることにより吸水力が変わる。

実験⑤について吸水性ポリマーがドロドロになった原因は、降雨により吸水性ポリマーの保水できる量を超えてしまった、または架橋が紫外線や熱により切れたからだと予想している。

#### 5. 結論

吸水性ポリマーの保水力が土より高いという長所を活かす方法を調べる実験をしてきたが、供給する水の量の調節が難しいという短所が分かった。

吸水性ポリマーの仕組みをよく分からないまま実験を行ったことで吸水性ポリマーのどの部分がどう働いてその結果になったのかを正確に考察できなかったため、その後に行う実験の設定が甘かった。また、使用した吸水性ポリマーの処分に手間がかかった。

赤池先生から自分たちで吸水性ポリマーを作ることによって架橋する物質や密度を変えることができ、その調節によって吸水力や供給する水の量が変化するとご助言いただいたので、今後は吸水性ポリマーを自分たちで合成するところから始めたい。

#### 6. 参考文献

<https://jifpro.or.jp/tpps/conditions/conditions-cat03/d07/>

<https://www.sanyo-chemical.co.jp/magazine/archives/4081>

## スプラウト育成促進計画

### 1. 緒言

植物の成長にとって必要な条件はよく知られている。そこで、私たちは、これらの条件に加えて、植物をより早く、より健康な状態で育てることができれば、多くの作物を短期間で育てることが可能となるのではないかと考え、様々な条件で実験を行った。

### 2. 実験手順

材料:かいわれ用の種(大創産業、かいわれ用大根、G86 秋種—157)、シャーレ、駒込ピペット、ハイポネックス液肥 6-10-5(ハイポネックスジャパン)、脱脂綿(コットンラボ、クリーンパフ)、フラスコ、段ボール箱

i)シャーレの形に沿ってハサミで切った脱脂綿をシャーレにのせ、種子をのせる。(図 1)

ii) 駒込ピペットで測った水道水を与える。

日がたつにつれて、シャーレの中の水の量が余ってしまうため、四日目以降はそれまでより与える水の量を 1mL 減らす。

iii) 段ボール箱に入れて、25℃の人工気象機(pic.1)に入れた。

(実験開始日は金曜日または土曜日とし、日曜日は水やりが出来ないためシャーレの蓋をかぶせる。)

iv) 初日から三日目までは根と茎、四日目からは茎の長さを定規で測る。

・実験期間は六日間

・生長具合は茎の長さで比較し、使用した目盛りが 1 mm の定規では計測不可であったため茎の太さは調べないこととする。

・生長具合の観察しやすさ、時間との兼ね合いにより、一度に育てる種子の数は 7 粒とする。結果は 7 粒の平均とする。

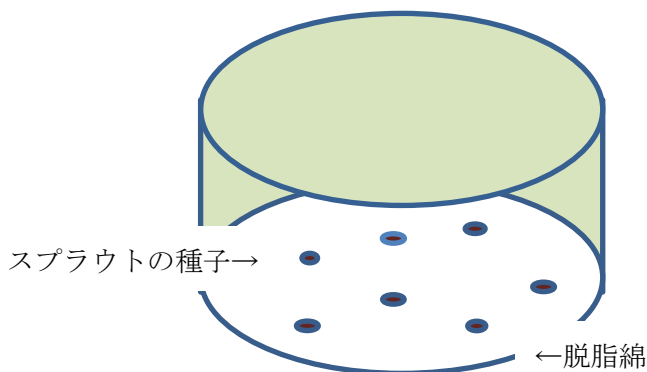


Fig.1 実験装置



Fig.2 人工気象機

#### 〈各実験の手順〉

##### ①水の量を変えたとき

・水の量を 5mL から 17mL まで 1mL きざみ、20mL、30mL、40mL、50mL、70mL に変化させて育てた。

(17mL 以降が 1mL 刻みでないのは実験期間の不足で育てることが出来なかったため。)

・水道水使用、光は当てない、液肥は加えない。種子は 7 粒



- ・20mL、30mL、40mL、50mL、70mL の実験は人工気象機が使えなかったため、25℃の暗室で育てた50mL、70mL のものは水の量が多いためビーカーで育てた。
- ・5mL、20mL、30mL、40mL、50mL、70mL は休校により二日目のデータがとれていないため、0としている。
- ・水の量は脱脂綿全体がしめるくらいの量(8mLくらい)が育ちやすいと考えた

#### ②液肥を加えたとき

- ・N、P、K が含まれた液肥を水道水で希釈し、水道水の代わりに毎日与えた。
- ・水の量は 8mL とする。
- ・人工気象機に入れ、光は当てない。
- ・濃度は 500 倍がよいと仮説をたてた。
- ・種子は 7 粒。

#### ③一つのシャーレで育てる種子の数を変えたとき

- ・一つのシャーレで育てる種子の数を 4 粒、5 粒、6 粒、7 粒、10 粒、14 粒で変化させたとき、生長具合がどうなるかを調べた。
- ・水の量はすべて 8mL、500 倍に薄めた液肥を加えた。
- ・人工気象機に入れ、光は当てない。
- ・7 粒で育てると全ての種子が育つと思った。

#### ④光を当てた時

- ・六日間の観察期間の中で、光を当てないもの、二日目から光をあてたもの、四日目から光を当てたものを比較する。
- ・光を当てる場合は箱から出し、一日中光のもとに置く。
- ・液肥は加えず、25℃の人工気象機に入れる。
- ・光を当てた方が伸びやすくなると予想した。
- ・種子 7 粒。
- ・水道水を使用、液肥は加えない。水の量は 8mL

#### ⑤温度を変えた時

- ・25℃の人工気象機で育てた場合と、23℃の暗室で育てた場合を比較した。  
(温度に関する実験を二つしかしていないのは設備の問題で他の温度での実験は出来なかったため。)
- ・両方とも箱に入れて光を当てず、水の量は 8mL で同じとする。
- ・液肥は加えない。
- ・25℃のほうがよいと仮説をたてた。

#### ⑥水以外のものを使ったとき

- ・水道水のかわりに米とぎ汁、蒸留水を使用するとどうなるかを調べた。
- ・米とぎ汁は家庭でも植物の肥料として使っているため、スプラウトにも有効かもしれないと思ったため、使用した。蒸留水を使用したのは、不純物がないほうがスプラウトの健康によいと考えたからである。
- ・液体の量は 8mL
- ・25℃の人工気象機に入れる。
- ・光は当てない。
- ・種子は 7 粒

### 3. 実験結果

①水の量を変えたとき

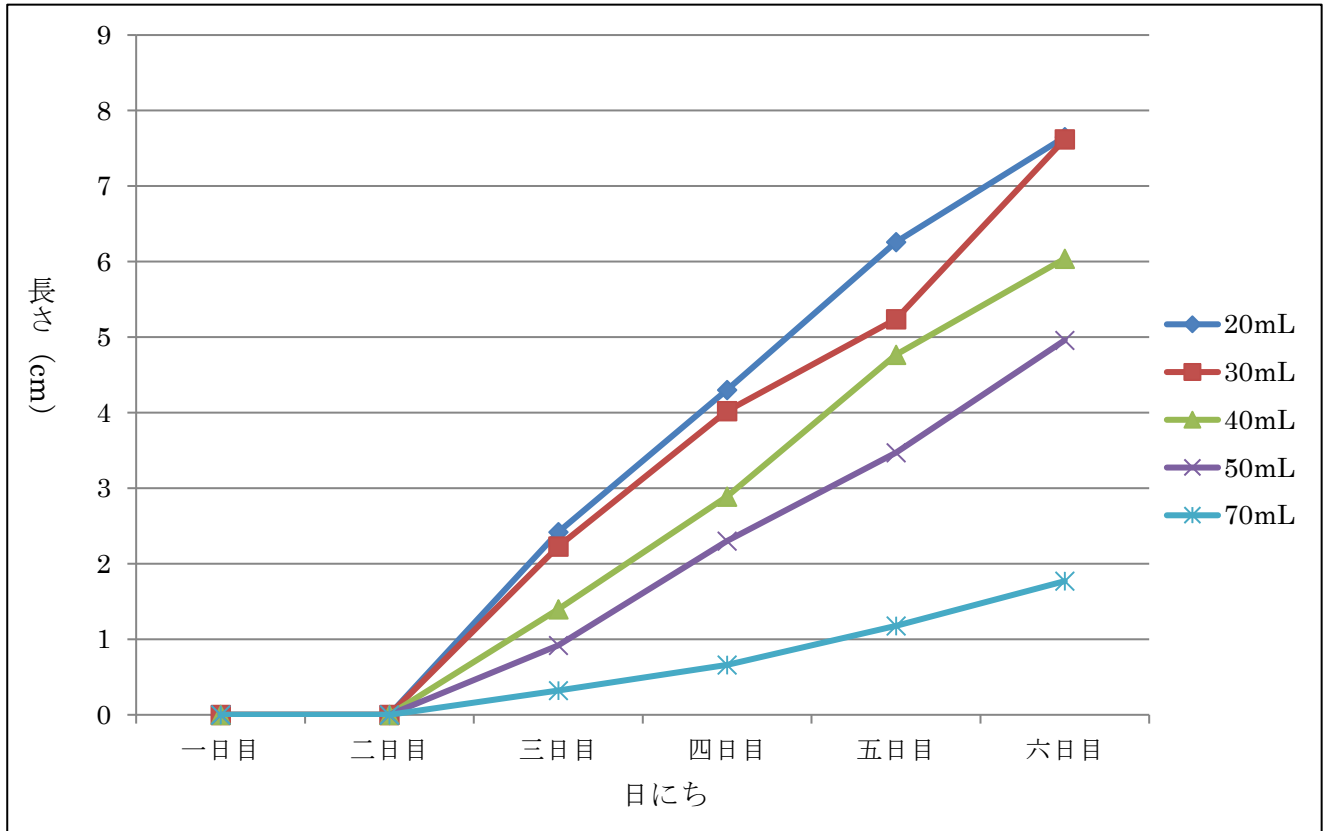
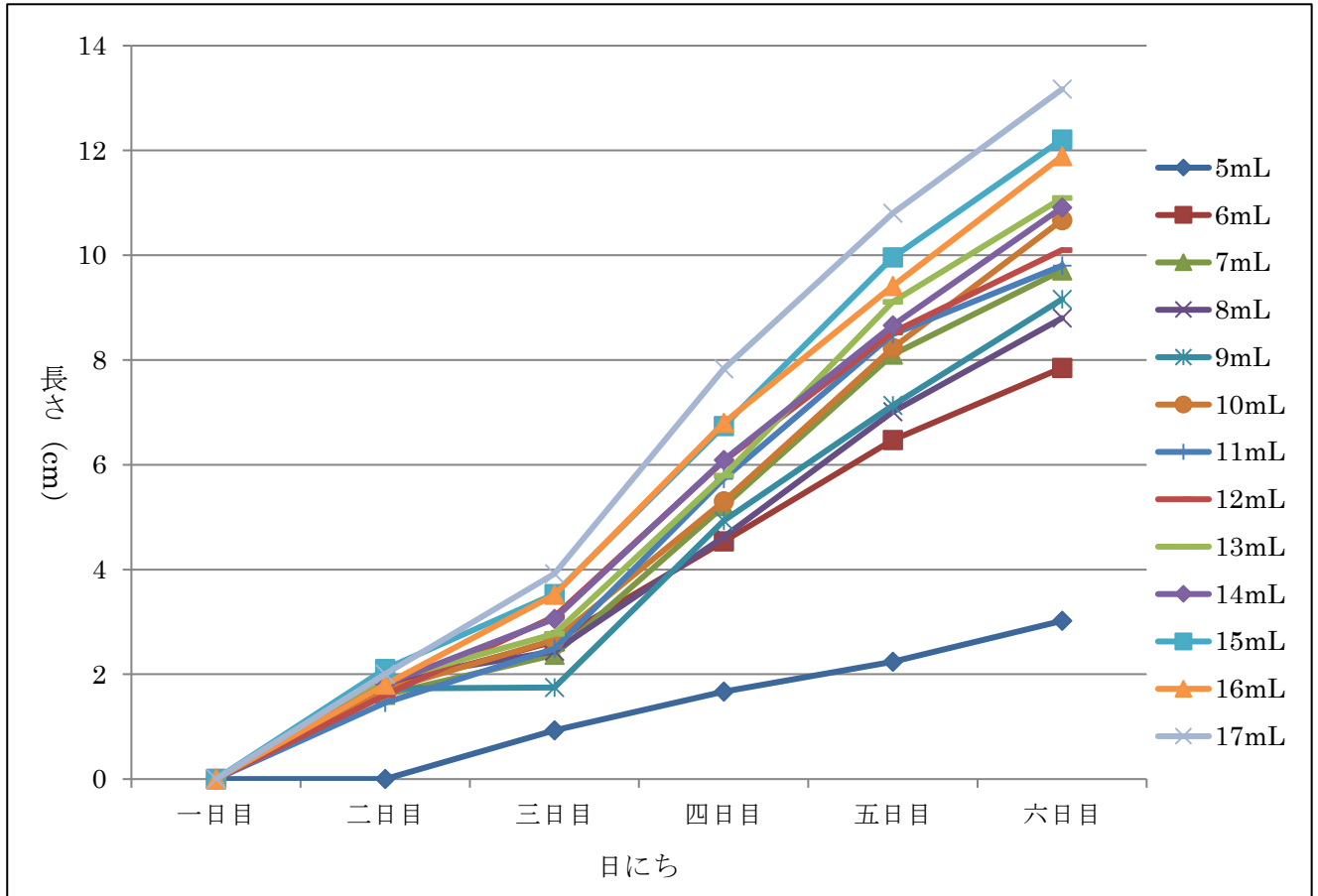


Fig.3 水の量を変えたときの一日ごとの長さの推移

Table 1 水の量の変化における長さの平均値・最小値・最大値

	5mL	6mL	7mL	8mL	9mL	10mL
平均 (cm)	3.0	7.9	9.7	8.8	9.2	9.7
最小値 (cm)	0	1.3	7.9	1.5	4.3	5.1
最大値 (cm)	6.1	12	11	13.2	11.3	12.9

	11mL	12mL	13mL	14mL	15mL	16mL	17mL
平均 (cm)	9.8	10.1	11.1	10.9	12.2	11.9	13.2
最小値 (cm)	4.5	8.4	9	5.1	11	6.3	11.8
最大値 (cm)	13.5	12.8	14	13.5	14.1	15.6	15.7

	20mL	30mL	40mL	50mL	70mL
平均 (cm)	7.7	7.6	6.0	5.0	1.8
最小値 (cm)	2.2	3.4	0	0	0
最大値 (cm)	9.6	9.5	10.6	12.1	5.2

注) 平均・最小・最大は六日目のものとする。

- ・グラフの六日目の値に注目すると、17mL、15mL、16mL、13mL、14mL、10mL、9mL、8mL、7mL、6mL、20mL、30mL、40mL、50mL、5mL、70mL の順で大きくなった。
- ・グラフの傾きと水の量に注目すると、水の量が多いほど生長しやすいと考えられる。ただ、16mL より 15mL のほうが五日目以降の長さの値が大きくなっていることから水を与えれば与えるほど育つとは言えない。
- ・20mL~70mL までは追加で実験を行った。しかし、Table 1-1 の 17mL と 20mL の平均値を比べると、3mL しか違いはないが、水の量に対して大きな差が生まれた。実験の数をこなしていないうえに、同じ条件で暗室と人工気象機でそれぞれ育てた場合について調べていないため、正確なことは言えないが、比較するべきでないと考えられる。しかし、水の量が 50mL、70mL と多くなりすぎると、水の量が多すぎたため水面に種子が浮いてしまうからか発芽しない種子が出てしまうことが分かった。



②液肥を加えたとき

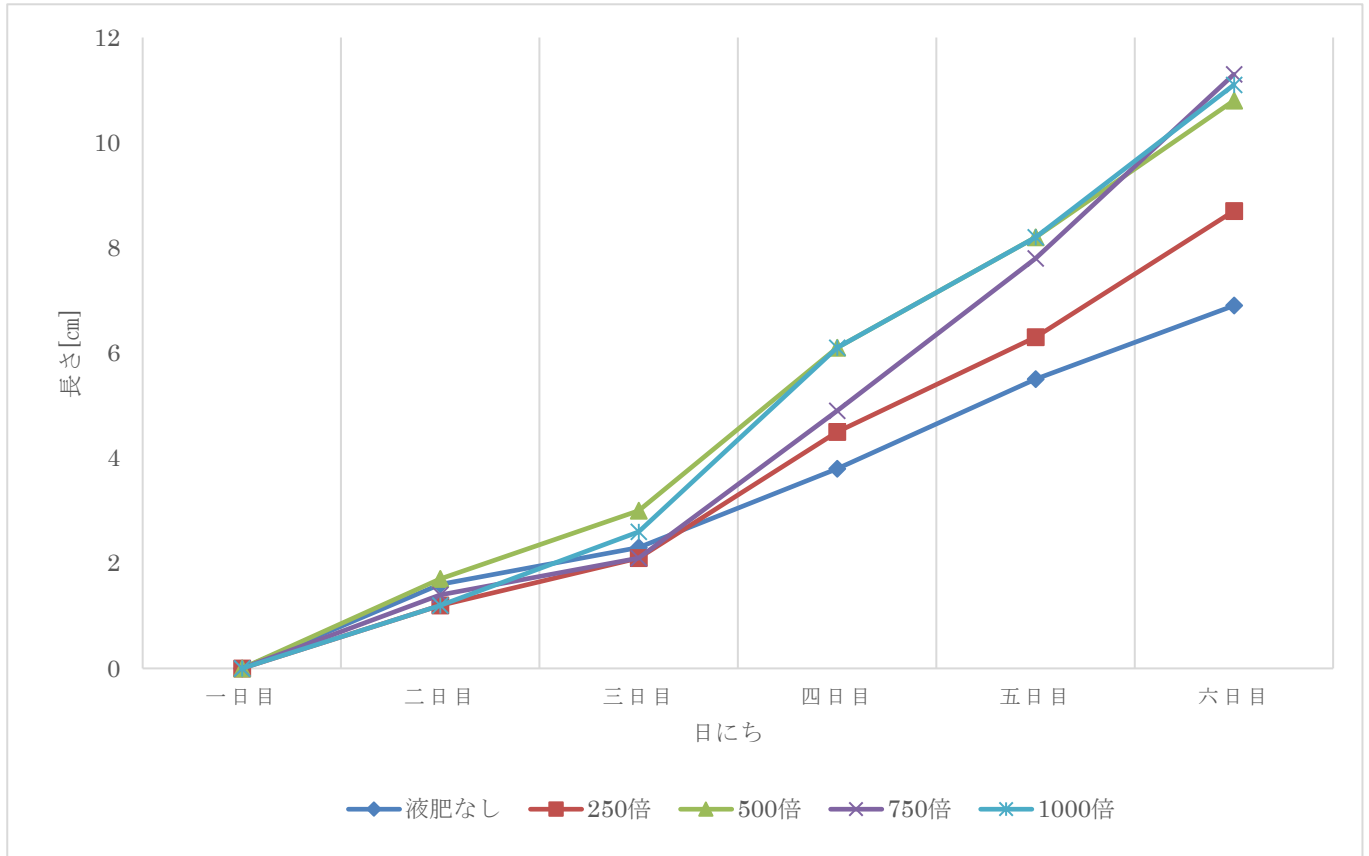


Fig.4 液肥の濃度を変えた場合の長さの推移

Table 2 液肥の濃度の変化における長さの平均値・最小値・最大値

	液肥なし	250倍	500倍	750倍	1000倍
一回目平均 (cm)	4.9	9.6	10.0	11.3	11.1
一回目最小 (cm)	1.3	4.2	8.7	5.8	2.7
一回目最大 (cm)	10.2	12.2	10.5	14.4	14.3
二回目平均 (cm)	8.9	7.8	11.5	—	—
二回目最小 (cm)	1.0	0.9	1.7	—	—
二回目最大 (cm)	12.7	13.1	17.5	—	—

注) 平均・最小・最大は六日目のものとする。750倍、1000倍に関しては二回目の実験を行っていない。

・グラフの6日目をみると、最終的に750倍、1000倍、500倍、250倍、液肥なしの順に伸びた。

このことから、濃度が比較的低いものほど、生長していることが分かる。

・また、初期に行った液肥を90倍で薄めた場合は実験方法が今回と異なり、比較できないためグラフに載せていないが、液肥を加えてからは生長がほぼ止まった。

③一つのシャーレで育てる種子の数を変えたとき

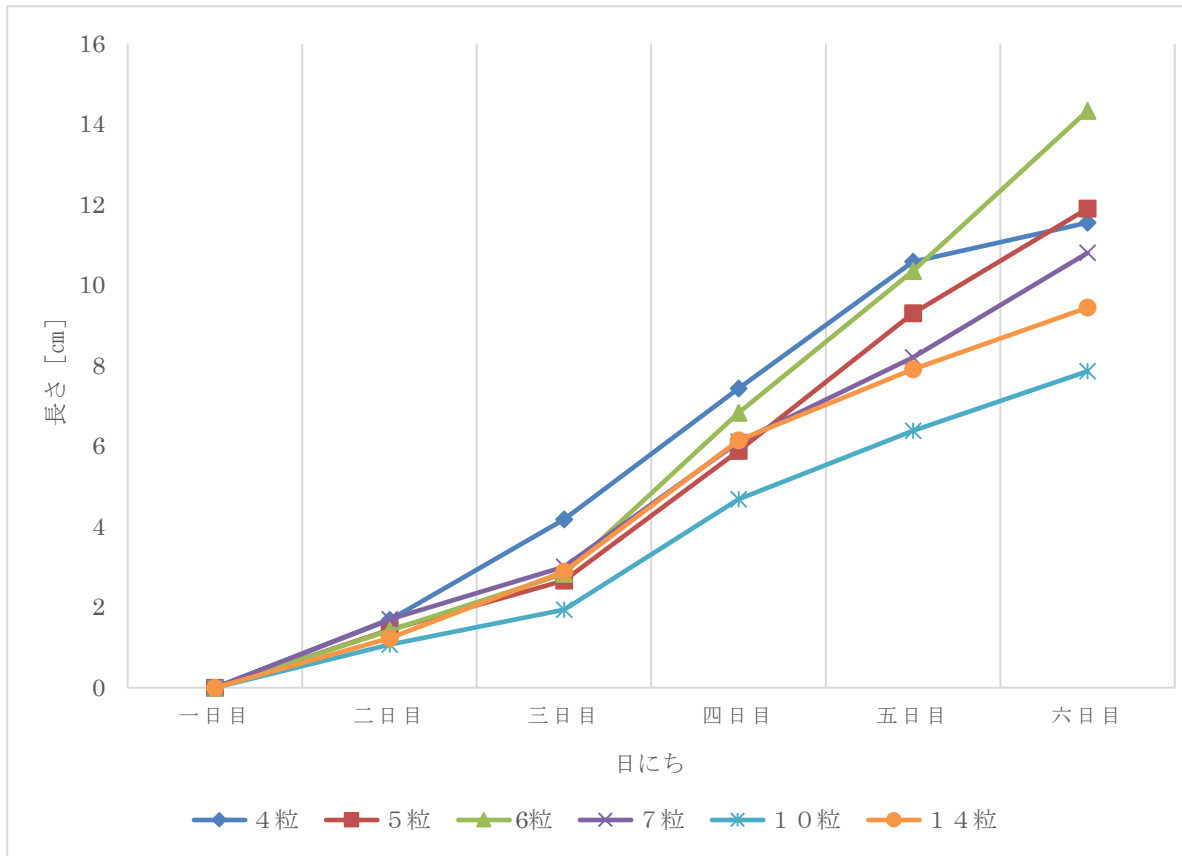


Fig.5 一つのシャーレで育てる種子の数を変えた場合の長さの推移

Table 3 一つのシャーレで育てる種子の数を変えたときの長さの平均値・最小値・最大値

	4粒	5粒	6粒	7粒	8粒	9粒
平均 (cm)	11.6	11.9	14.3	10	7.9	9.4
最少 (cm)	8.0	3.5	9.7	8.7	0.4	0.8
最大 (cm)	15	16.1	19.5	10.5	13.7	14.9

注) 平均・最小・最大は六日目のものとする。

- ・グラフの六日目の記録から、種子の数が少ないほどよく生長した。
- ・ただし表の最大値、最小値を見ると、種子の数が多いほど、最小値、最大値の差が大きく、生長具合にはばらつきが生じているとわかる。

④光を当てた時

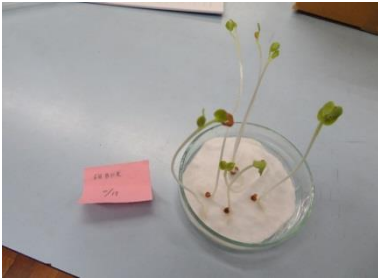


Fig.6-1 光を当てない

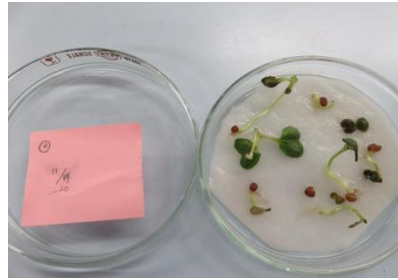


Fig.6-2 二日目から光を当てたとき

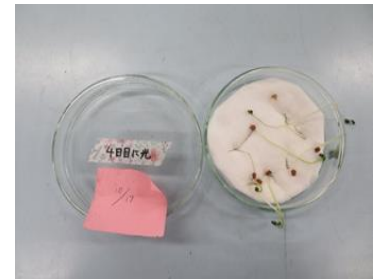


Fig.6-3 四日目から光を当てたとき

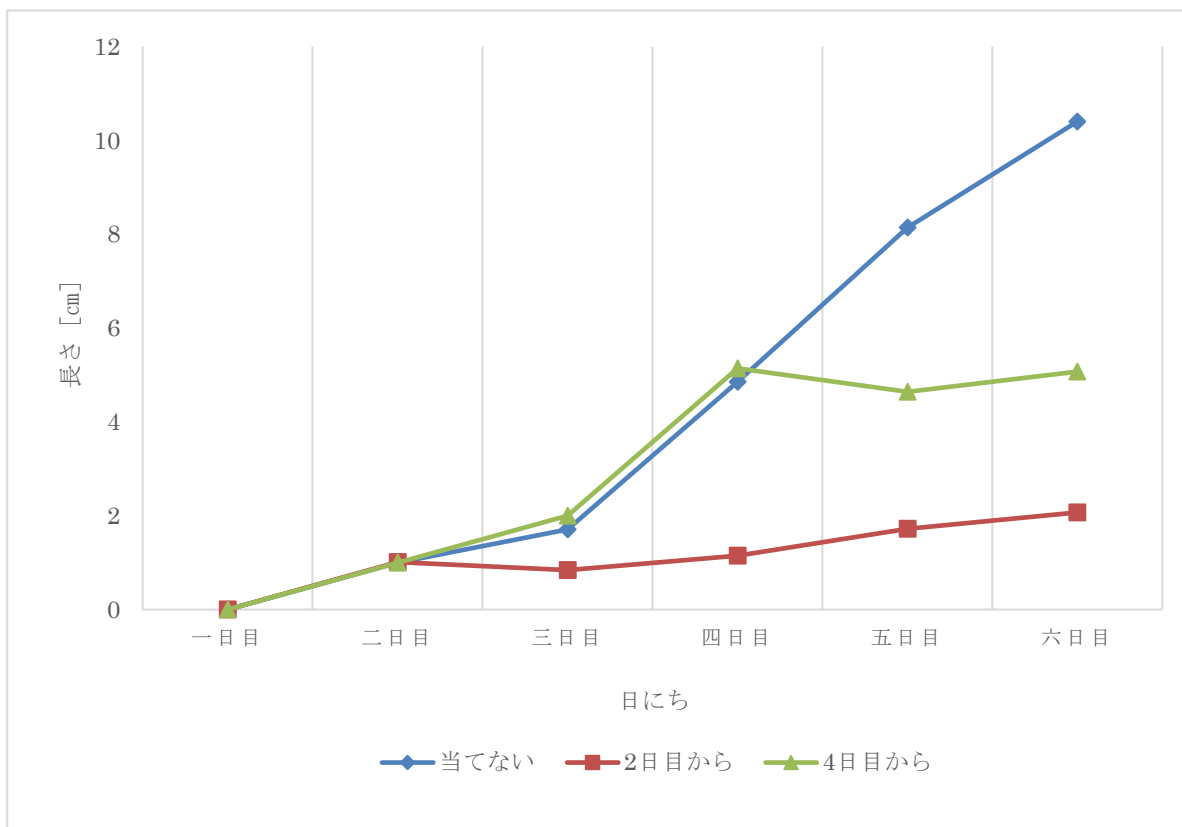


Fig.6-4 光を当てた期間を変えたとき

- ・グラフの傾きに注目すると、光を当てるものは光を当て始めた日からほぼのびなくなると分かる。そして、二日目のグラフと四日目のグラフを比較すると、光を当てている時間が長いほど、最終的なスプラウトの長さの値も小さくなっていることがわかる。
- ・写真から、二日目からずっと光を当てたものは葉が黒くなっているものもあった。

⑤温度を変えた時

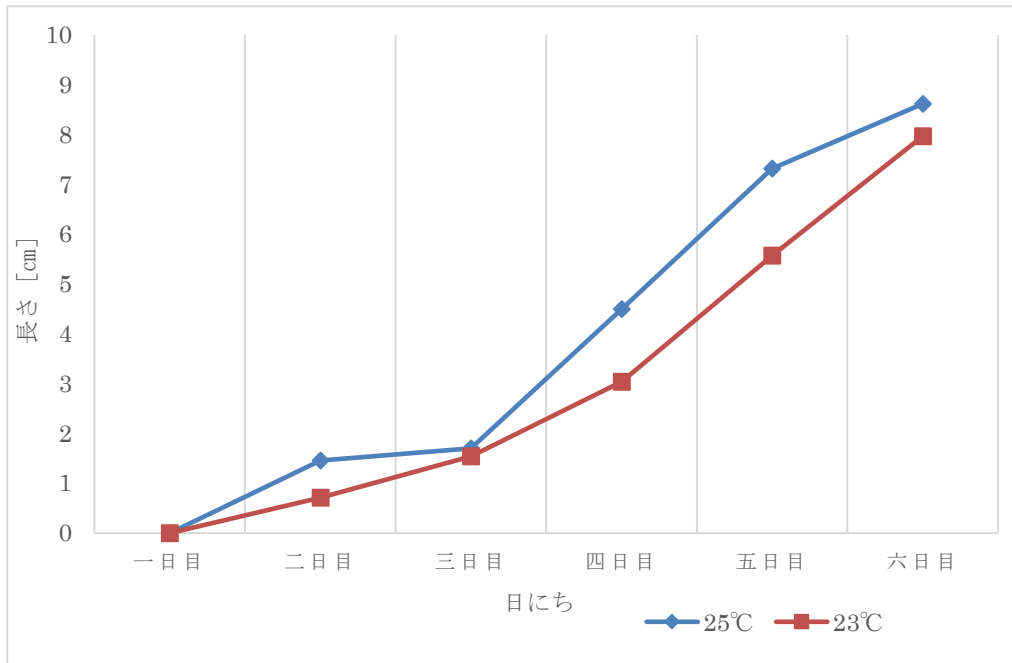


Fig.7 温度を変えたとき

Table 4 温度を変えたときの長さの平均値・最小値・最大値

	25°C	23°C
一回目平均 (cm)	9.0	6.4
一回目最小 (cm)	6.5	1.5
一回目最大 (cm)	11.2	9.5
二回目平均 (cm)	9.6	9.5
二回目最小 (cm)	6.1	6.1
二回目最大 (cm)	11.1	11.1

注) 平均・最小・最大は六日目のものとする。

- ・表の一回目の平均・最小・最大に注目すると 25°Cで育てたほうがよく伸びるように見えるが、二回の結果を見ると 25°Cと 23°Cでそれぞれ育てたとき、数値に大きな違いはない。そのため、温度を 2°C変化させただけでは著しい変化はないとわかる。
- ・ただし、一回目の平均値・最小値・最大値より 25°Cのほうが安定して生長しやすいと考えられる。

⑥水以外のものを使ったとき

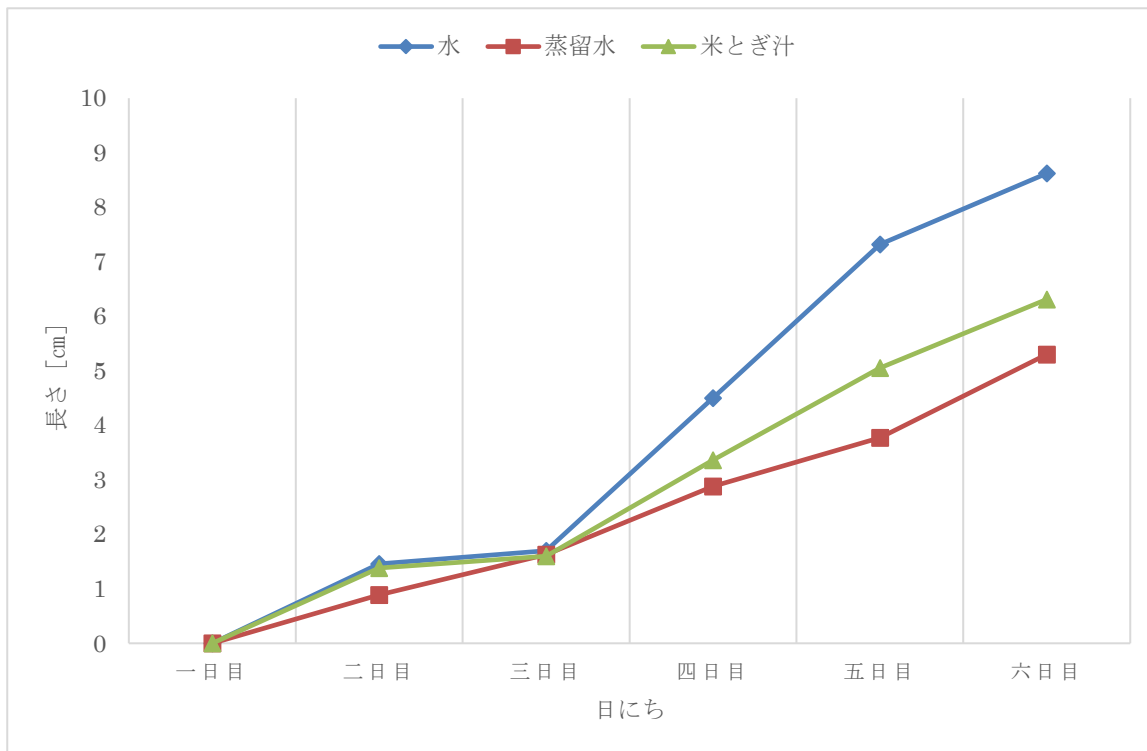


Fig.8 水以外のものを使ったときの推移

Table 5 水以外のものを使ったときの長さの平均値・最小値・最大値

	水	蒸留水	米とぎ汁
一回目平均 (cm)	9.0	5.2	7.6
一回目最小 (cm)	6.5	1.5	0.5
一回目最大 (cm)	11.2	7.5	11.7
二回目平均 (cm)	9.6	5.4	5.0
二回目最小 (cm)	6.1	3.9	3.2
二回目最大 (cm)	11.1	7.0	8.3

注) 平均値、最小値、最大値は六日目のものとする。

- ・グラフの六日目の記録より、水のみで育てたものが全ての数値が一番安定しており、表を見ると、蒸留水では最大値・最小値ともに小さく、平均値も小さいとわかる。
- ・さらに、表より、米とぎ汁で育てた場合は最大値と最小値の差が大きく、根が腐ってしまったものは生長が止まり、その結果すべての種子が安定して生長出来なかったと分かる。

#### 4.考察

今回は実験を始める時期が遅かった、コロナによる休校で予定通りに実験が進まなかったなどの理由により、一つの実験につき最大で種子 14 粒分の結果しかとれていない。そのため、結果に偏りが生じている可能性もある。

##### ①水の量を変えたとき

スプラウトは土では育てず主な栄養は水であるため、水を与えた方がよく育つと考えられる。ただし、50mL 以上で育てることは水が多すぎて種子が水面に浮いてしまうため根を張ることが出来ず、生育には不適切であると考えた。

##### ②液肥の濃度を変えたとき

濃度が高いと大きく生長しないのは、濃度が高いと浸透圧の影響により、根の中の水分が流出して根がしなびてしまった可能性がある。そのため液肥は 500 倍から 1000 倍のように濃度の低いものを用いるほうがよいと考えられる。

##### ③一つのシャーレで育てる種子の数を変えたとき

種子の数が多くなるほどすべての種子に栄養がバランスよく届かなくなるため、生長具合にばらつきが生じ、よく伸びる個体と伸びにくい個体との長さの差が大きくなった。そのため、種子の数は多すぎないほうがすべての個体が育つ。また、種子の数が少なくなるほど、種子一つ当たりに対する水分の量が多くなり、酸素の供給が妨げられ、生長が阻害されてしまうため、種子の数が少なすぎてもいけないと考えられる。実験結果より、6 粒の六日目の平均値、最小値、最大値をみても、一番高い数値が出ていることからシャーレの大きさで育てるのであれば、6 粒で育てるのが最適であると考えた。

##### ④光を当てたとき

スプラウトは、光を当てない方が、光を求めて上に伸びやすくなると考えられる。しかし、今回の実験では光を一日中当てていたため、それによってスプラウトの蓄積物が過剰になったり、連続光による、光酸化的障害を引き起こしたり、エチレンなどストレスの原因になるホルモンの生成を促進させてしまったりしたなど、様々な原因から、光を当てると、伸びなくなってしまったとも考えられる。また、この実験では「長さが長いほどよく育った」としているが、植物の健康面を考えると長く伸びたものほど健康に生長したとは言えない。

##### ⑤温度を変えたとき

二回目の結果を見ると 25℃で育てても 23℃で育てても大きな違いはほぼ見られなかったが、観察すると種子によっては 23℃のほうが発芽までの時間が遅いものもあり、その分十分生長するまでに時間がかかってしまうため、23℃よりは 25℃のほうが安定して育ちやすいと考えられる。もう少し温度に差をつけて実験すればよいのではないかと考えたが、時間が足りず、設備もなかったので調べることは出来なかった。

##### ⑥水以外のものを使ったとき

蒸留水は不純物が少なく、純水に近い。それにより、栄養価がないので、生育には適さないと考えた。米とぎ汁に含まれる栄養素のうち、タンパク質や油分などは植物がそのまま利用できない成分だと知られ

ていたが、これらを含んだまま利用してしまった上、与える回数も一日に一回という間隔と、とても多かったことから、植物に悪影響を与えてしまったと考えられる。これらのことから、水道水で育てるのが最もよいと考えた。

## 5. 結論

これらの研究より以下のことが明らかになった。

- ・水の量は 17mL~40mL のいずれかで育てるのが適している。具体的な値を知るためには、今回失敗に終わった水の量を 20mL~70mL に変える実験を再度行い、水の量を細かく変えて行う実験が必要である。
- ・適した液肥の濃度は 500 倍~1000 倍の範囲にあると考えた。時間がなくてできなかった 750 倍、1000 倍の実験をもう一度行う、または 750 倍から 1000 倍の間の濃度を調べることで正確な値がとれる。
- ・種子の数は 6 粒が最適である。
- ・光はスプラウトの伸びだけで考えると、当てないほうがよい。
- ・温度は 23℃より 25℃で育てるほうが全体的に生長しやすい。
- ・蒸留水、米とぎ汁と比べると水道水で育てるのがよい。

## 6. 参考文献

<https://sodatekata-labo.com/sprout-cultivation-kabi/#i-6> 「育てかた labo」

[https://jspp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=4575](https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=4575) 「Plantia」

<https://www.e-takeya.com/site/tokushu/minichisiki/2.html> 「e-taneka」

[https://www.okomeya.net/okomeya\\_note/](https://www.okomeya.net/okomeya_note/) 「おこめやノート」

[garche.jp/cultivation/DkzVZ](http://garche.jp/cultivation/DkzVZ)

[okwave-jp.cdn.ampproject.org](http://okwave-jp.cdn.ampproject.org)

# アサガオリトマス紙

## 1 諸言

アサガオは雨に当たると、元の色が抜けたり変化したりすることがある。これはアサガオがアントシアンという色素をふくんでいるからである。アントシアンという色素は水に溶けやすく、不安定で pH によって変化することが知られている。参考文献に記載した過去の研究では、硫酸、硝酸、ギ酸、酢酸などの pH1.6~4.0 の人口酸性溶液をツツジ科のオオムラサキ花弁に滴下し、脱色斑点の有無を調査していた。私たちは、この研究をうけ花弁の色の変化を利用して擬似リトマス紙を作成するための研究を行うことにした。

比較的自分たちで入手しやすく、育てやすかったアサガオやパンジーを用い、pH2~5 の酸性溶液を準備した。その溶液を花弁に滴下した後、観察する実験を行った。リトマス紙は酸性、塩基性を判定するのに二種類の試験紙が必要であるが、一枚で判定できる試験紙の作成のため、塩基性の溶液も実験することにした。同じ液性の溶液でも含まれる元素の違いで反応の差が確認されるのではないかと仮説を立てた。また、試験紙として使用する際の利便性を考え、アサガオを押花にすることで花弁を乾燥させる工夫を行った。この乾燥させたアサガオと切り取った直後の花の反応の現れ方を比較した。

## 2 実験手順

実験材料：パンジー、切り取った直後のアサガオ(以後生花と記載する)、押花にしたアサガオ

器具：50ml ビーカー、シャーレ、綿棒、試験管、ガラス棒

薬品：98%硫酸、69%硝酸、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム

実験① 98%硫酸、69%硝酸を希釈し、それぞれ pH2~5 の溶液を作成する。切り取った直後のパンジーとアサガオをそれぞれシャーレに広げて乗せ、綿棒で作成した溶液と蒸留水をしみ込ませ花弁に滴下する。(図1参照)その後花弁の色調の変化を観察する。

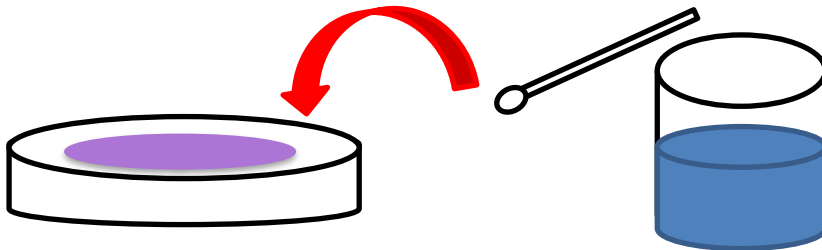


図1 実験①の手順

実験② 水酸化ナトリウム、水酸化カリウムを希釈し、それぞれ pH12 と 13 の溶液を作成する。アサガオの生花と押花を用意する。実験①と同様にこれらの花弁に実験①で作成した硫酸と硝酸、及び水酸化ナトリウムと水酸化カリウムを滴下し、観察する。

実験③ 生花を一枚入れた 50ml ビーカーに蒸留水を 20ml 加え、水に色がつくまでガラス棒で色素を溶かしだす。花弁の大きさが等しい押花も同様に蒸留水に溶かし出し、それぞれ 5 本の試験管に分け、実験①、②で用いた pH2,3 の硫酸、pH11,12 の水酸化ナトリウム、蒸留水を順に試験管に 5 滴加えたのち色の変化を観察する。

## 3 実験結果



実験①

実験①の結果を表1,図2に示す。pH2の硫酸を滴下したときのみ、パンジー赤以外では桃色の変化が確認された。一方 pH3,4,5の硫酸,硝酸を滴下したときはアサガオの生花は桃色に変化したが,押花は花弁の色が抜けただけで,変色はしなかった。また,アサガオの生花と押花を比較したとき生花の方がより弱い酸でも反応することが分かった。

表1 酸性溶液に対するパンジー、アサガオの変化

pH	硫酸				硝酸				蒸留水
	2	3	4	5	2	3	4	5	
パンジー 赤	△	△	×	-	×	×	×	-	×
パンジー 青	○	△	△	-	×	×	×	-	×
アサガオ生花	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アサガオ押花	○	△	△	△	○	△	△	△	×

○: 桃色に変化したもの △: 元の色が抜けたもの ×: 変化なし



図2 酸性溶液に対するパンジー、アサガオの変化

実験②

酸性の溶液を滴下した結果を表1と図3に示す。滴下した時の色の变化は生花のほうが大きく,色は桃色に変化した。

表1 酸性溶液に対するアサガオ(生花、押花)の変化

pH	硫酸				硝酸				蒸留水
	2	3	4	5	2	3	4	5	
アサガオ生花	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アサガオ押花	○	△	△	△	○	△	△	△	×

○: 桃色に変化したもの △: 元の色が抜けたもの ×: 変化なし

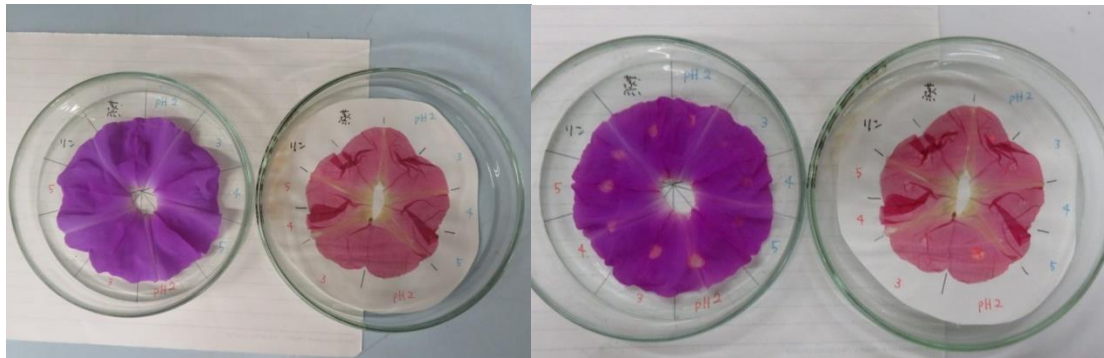


図3 左:滴下前 右:滴下後

塩基性の溶液を滴下したときの結果を表2と図4に示す。滴下した時の色の变化は押花のほうが大きく,

色は青色に変化した。

表2 塩基性溶液に対するアサガオ(生花,押花)の変化

pH	水酸化ナトリウム		水酸化カリウム		蒸留水
	1 2	1 1	1 2	1 1	
アサガオ生花	○	×	○	×	×
アサガオ押花	○	×	○	×	×

○ : 青色に変化したもの △ : 元の色が抜けたもの × : 変化なし



図4 滴下直後の様子

### 実験③

実験③の結果を表3と図5に示す。蒸留水を加えた時の溶液の色は紫色であった。pH2の硫酸を加えた時は赤色に、pH3の硫酸では赤紫色に、pH11の水酸化ナトリウムでは青紫に、pH12の水酸化ナトリウムでは青色に変化した。

表3 色素液の変化

	硫酸		水酸化カリウム		蒸留水
	pH2	pH3	pH12	pH13	
生花	赤	赤紫	青紫	青	紫
押花	赤	赤紫	青紫	青	紫

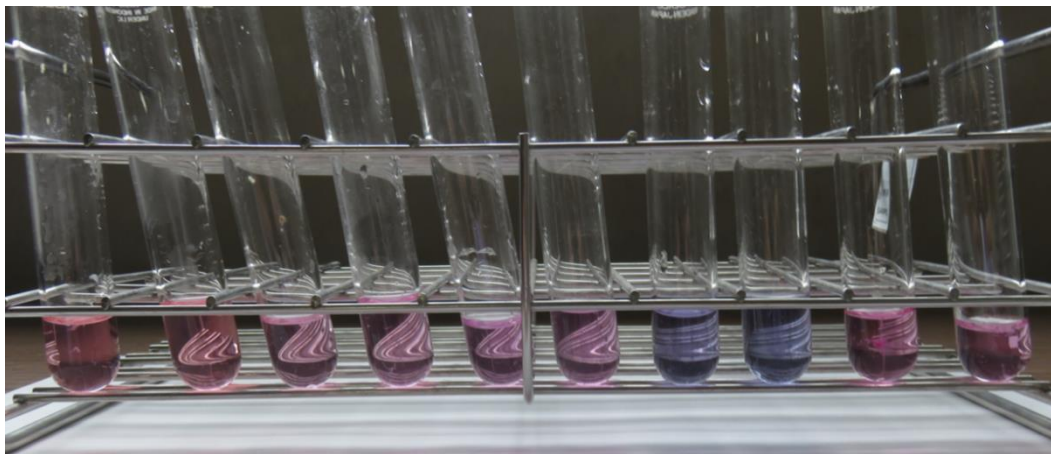


図5 左から順に2つずつ(左:生花 右:押花), pH2,3の硫酸 pH12, 13の水酸化ナトリウム 蒸留水 4考察

実験①のパンジーとアサガオの比較より、アサガオが構造的に弱いため細胞が壊れやすく液胞内に侵入しやすいと考えられる。

また実験②ではアサガオの押花と生花の間で酸性溶液と塩基性溶液に対する反応に差が見られた。押花では塩基性溶液に対する反応が大きく、一方生花では酸性溶液に対する反応が大きかった。このことからアサガオを押花にすると液胞内の pH が低下するのではないかと考えられる。調べてみると、アサガオは液胞内の pH を中性近くに保つためには、エネルギーが必要であることが分かった。実際にアサガオを観察してみると、蕾の状態では赤色、花が咲くと紫色、そしてしぼむとまた赤色になる。このアサガオの特性により、実験の変化がみられたと推測する。

また実験③において押花と生花から抽出した色素液は酸性溶液と塩基性溶液に対する色の変化の違いは見られなかったため、押花と生花に含まれるアントシアンの量や質の違いはない。

## 5結果

アサガオの花弁に溶液を滴下することによってその溶液の液性を判定することは可能である。加えて、アサガオは押花と生花で性質が異なるので、そのことを利用して擬似的なリトマス紙をつくることは可能である。しかし、色の変化から溶液の種類を判別することは難しい。

## 6参考文献

人工酸性雨によるオオムラサキの花弁の脱色について 東京都環境科学研究所

# 異種間の細胞融合

## 1. 緒言

現在、植物の品種改良には遺伝子の存在は欠かせない。多く見かける遺伝子組み換え食品はその代表例である。私たちは知らず知らずのうちにこの食品を食べている。現に、輸入トウモロコシの9割は遺伝子組み換え食品である。それらの遺伝子操作の際に用いられるのが「細胞融合」である。この細胞融合はプロトプラスト-PEG 法や電気刺激によってその現象を観察できる。そしてこの細胞融合の起こりやすさは用いる細胞同士の親和性に大きく左右される。例えば、同じナス科であるトマトとジャガイモの細胞を融合したものを培養したポマトは有名である。これは、ジャガイモの耐寒性を比較的暖かい地域に存在するトマトに持たせようとしたものである。今回私達は、植物間の親和性に興味を抱き、それを調べたいと考え、その方法を悩んでいたところ、これを知り、細胞融合を用いて、植物同士の親和性を調べようと考えた。そこで私たちでも実験が行えるプロトプラスト-PEG 法を用いることにした。プロトプラスト-PEG 法とは植物細胞の細胞壁を取り除いたもの(プロトプラスト)を細胞融合液によってくっつけて新たな細胞を生み出すことである。この実験によって、どんな細胞がどんな割合で融合するのかを調べることで植物同士の親和性を考察しようと考えた。

## 2. 実験手順

### ①プロトプラストの作成

#### 実験材料

#### (I)マンニトール

:10.93g (酵素液を細胞内と同じ濃度に保つための糖)

塩化カルシウム(無水)

:0.055g (膜の安定化)

セルラーゼ オノズカ R-10 (ヤクルト薬品工業株式会社)

:1 バイアルを 10ml の水で溶解したうちの全量 (セルロースを分解する酵素)

マセロチム R-10 (ヤクルト薬品工業株式会社)

:1 バイアルを 10ml の水で溶解したうちの2ml (ペクチンを分解する酵素)

(II) アロエ、ピーマン、レモン(カッターを使い2~3mm 角にみじん切りしたもの)約 0.050gずつ

(III) ポリエチレングリコール 4000:33g

グルコース:3.6g

塩化カルシウム二水和物:0.050g

リン酸二水素カリウム:0.010g

#### (\*1) 洗浄液の作成

以下の二つの試薬を約 150ml の水に溶かしさらに水を加えて 200ml に定容する。

マンニトール:21.86g 塩化カルシウム(無水):0.01g

#### 実験器具

アスピレーター、振とう器、三角フラスコ、マイクロチューブ、卓上型遠心分離機

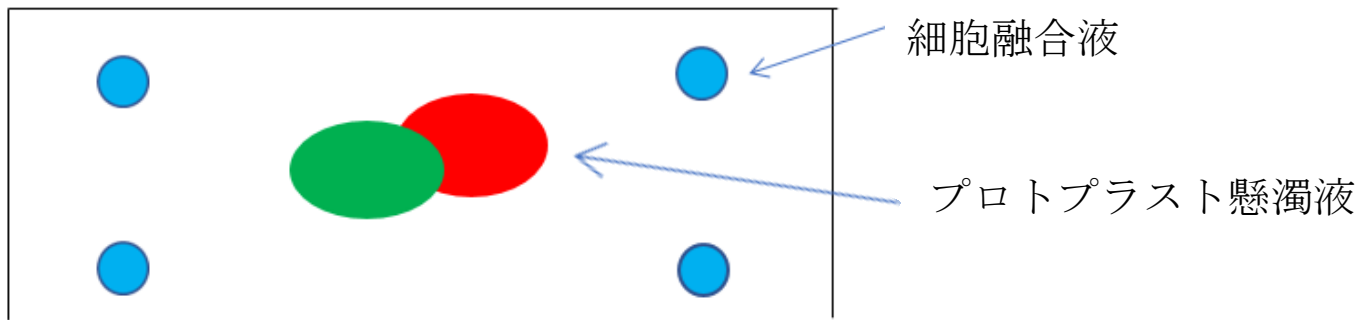
pipetman neo(GILSON®社製)、スライドガラス、駒込ピペット

## 作成手順

- 1、最初に酵素液を作成する。(I)を約 70ml の水が入った三角フラスコに入れて、ガラス棒を使って溶かした後に、さらに水を加えて 100ml に定容する。
- 2、(II)をそれぞれマイクロチューブに入れ、それぞれに1で作った酵素液を1ml ずつ入れる。
- 3、アスピレーターを用いて5 分間減圧沸騰する。
- 4、減圧したものを振とう器に移し、それぞれの植物を攪拌する。(アロエ 30 分、ピーマン 30 分、レモン 10 分)
- 5、4で攪拌させたものを全量遠心管にとり、5分間遠心分離にかけた後、上澄み部分をピペットで除き、沈査を 0.2ml~0.5ml の洗浄液(\*1)に懸濁させる。

## ②融合

- 1、細胞融合液を作成する。(III)を三角フラスコに入れ水を加えて 100ml に定容する。
- 2、図 1 のようにスライドガラスの四隅に細胞融合液をピペットを使って滴下する。  
また、①で作った二種類のプロトプラスト懸濁液を pipetman neo(GILSON®社製)を用いてそれぞれ 1  $\mu$ l ずつ取り、滴下し、かき混ぜる。



- 3、50 回この試行を繰り返し、融合率を調べる。

## 3.結果

表 1 1  $\mu$ L あたりの細胞融合数

ピーマン×ピーマン	8.50個/ $\mu$ L
ピーマン×レモン	0.00個/ $\mu$ L
アロエ×レモン	0.00個/ $\mu$ L

今回、アロエとピーマンの細胞融合に関しては細胞の色が同じでありアロエとピーマンのどちらの細胞か見分けがつきにくいいため行っていない。それぞれ50回ずつ細胞融合を行ったが融合は見られなかった。

## 4.考察

同種同士の細胞融合は、我々が使用した植物ではすべて成功したが、異種同士では一回も成功しなかったため、融合させる植物の細胞同士が近縁種かどうかが大きく関係しているように思われる。また、プロトプラストがあまり得られなかったため、効率の良い実験を行うことができなかった。そのため、ここからはプロトプラストが多く得られなかった原因を考察していこうと思う。同じ条件下で作成し

たプロトプラストでも、実験を行った時の気温によって得られるプロトプラストの数に大きな違いがみられた。また、植物によっても得られるプロトプラストの数が大きく違った。これらのことから、各植物によってプロトプラストを多く作成できる温度、酵素に浸す時間などが異なると考えられる。今後は、これらを発見して効率よく実験を行っていこうと思う。

## 5. 結論

我々は細胞融合を用いて植物同士の親和性での起こりやすさを調べようと試みた。

しかし、プロトプラストを効率よく得られなかったことにより、異種間の細胞融合が行えなかったため異なる植物間の親和性を調べるための十分な植物同士の組み合わせに関する実験結果が得られなかった。そのため植物同士の親和性を調べるに至らなかった。

## 6. 参考文献

[http://www.keirinkan.com/kori/kori\\_biology/kori\\_biology\\_2/contents/bi-2/t-bu/08.htm](http://www.keirinkan.com/kori/kori_biology/kori_biology_2/contents/bi-2/t-bu/08.htm)

<http://www.yakult.co.jp>laboratory>

長田敏行:植物プロトプラストの細胞工学、講談社サイエンティフィク(1993)

河野憲三:細胞融合法(J-Stage)

## 薬品とゾウリムシの遊泳速度

### 1. 諸言

ゾウリムシには、イオンチャンネルと呼ばれるイオンを透過させるための膜タンパク質が存在する。それにカリウムイオンやカルシウムイオンが作用することで、ゾウリムシの遊泳の速度や様子が変化する。

今回は、本校で管理されていたゾウリムシから培養を重ねて実験を行った。

陽イオンだけでなく陰イオンからも影響を受けるのではないかと、また薬品の濃度によって遊泳の様子に差異が見られないか調べることを実験の目的とした。

### 2. 実験手順

培養してからの期間が 1 週間以内であるゾウリムシ培養液、また薬品として塩化カリウム(半井化学薬品株式会社,特級), 塩化カルシウム(キシダ化学株式会社, I 級), ケイ酸カリウム溶液  $K_2O \cdot 3.4SiO_2$  (キシダ化学株式会社, I 級) ( $K_2O: 8.5 \sim 9.0\%$ ,  $SiO_2: 18.8 \sim 19.4\%$ , 第 8 項補足を参照) の 3 つ, シャーレ(直径 9cm), 同心円状に半径 5mm, 10mm, 15mm, 20mm の円を描いた紙を用意する。

3 種類の薬品について、カリウム化合物は  $1/40\text{mol/L}$ ,  $2/40\text{mol/L}$ ,  $5/40\text{mol/L}$ , カルシウム化合物は  $1/60\text{mol/L}$ ,  $2/60\text{mol/L}$ ,  $5/60\text{mol/L}$  の濃度の水溶液を用意する。

培養液 15mL を加えたシャーレにいずれかの水溶液 1mL を加えて、シャーレの下に円を描いた紙を敷いて動画を撮影し、ゾウリムシの移動距離を肉眼で観察する。図 1 参照。

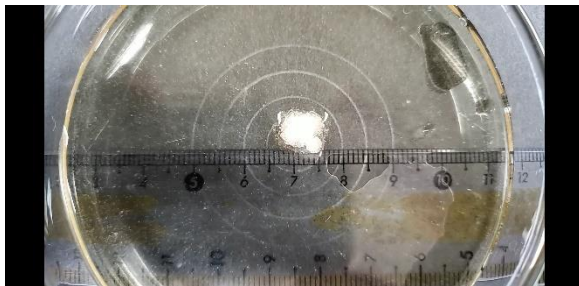


図 1 培養液を加えたシャーレ

### 3. 実験結果

各水溶液、濃度で行った実験について以下の表 1、表 2 に示す。

数字の単位は mm/3s である。

表 1 塩化カリウム溶液とケイ酸カリウム溶液での実験結果(mm/3s)

	KCl	$K_2O \cdot 3.4SiO_2$
1/60mol/L	37.6	38.2
2/60mol/L	39.3	40.1
5/60mol/L	45.3	45.1



表 2 塩化カルシウム溶液中での実験結果(mm/3s)

	CaCl <sub>2</sub>
1/40mol/L	49.8
2/40mol/L	52.0
5/40mol/L	54.3

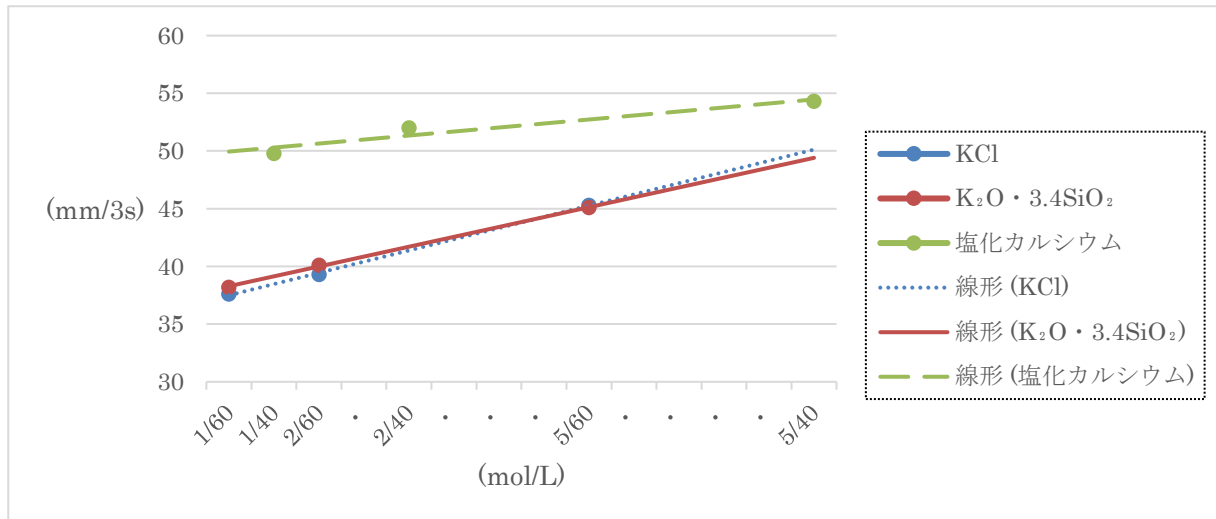


図 2 表 1 と表 2 の内容をグラフにしたもの

表 1, 表 2 において各濃度での速さを比較すると, 今回実験した範囲内ではゾウリムシは塩化カリウム溶液, ケイ酸カリウム溶液, 塩化カルシウム溶液下において, いずれの場合も濃度が高くなると遊泳速度が速くなるように影響を受けるといえる。また, 図 2 からカリウム化合物はカルシウム化合物に比べて濃度によるゾウリムシへの影響具合が変化しやすいといえる。

#### 4. 考察

1. 塩化カリウムとケイ酸カリウムの実験結果を同濃度で比較することで, 今回用いた物質に含まれる陰イオンやその他の物質について, ゾウリムシに与える影響はほぼないものと推測できる。
2. 塩化カリウムと塩化カルシウムの実験結果を同濃度で比較すると, 塩化カルシウム溶液の方が濃度によるゾウリムシに与える影響の変化が小さいと考えられる。
3. 1, 2 からゾウリムシは濃度に関わらず陰イオンの影響はあまり受けないことがわかる。  
また, 培養期間が 1 週間を超える個体についても実験を行おうとしたが, データをまとめることができなかった。



## 5. 結論

実験から、薬品によってゾウリムシに与える影響やそのときの分量は、化合物の種類により異なることがわかった。

しかし、肉眼で計測したことによる誤差、サンプル数の少なさを鑑みると、他のイオンによる影響を完全でないものということは難しい。

追加で実験を行うとしたら、正確に計測ができる状況下で濃度を細かく刻んでグラフをまとめ、より豊富な種類の薬品で実験を行いたい。

## 6. 補足

今回用いたケイ酸カリウム溶液は、実際には純水、酸化カリウム、二酸化ケイ素の混合物というべきものである。ケイ酸カリウムは水溶液中でやや不安定で、 $K_2SiO_3$ 分子内の一部の $K^+$ は独立して一つのイオンとなっている。具体的に、水溶液には $K^+$ 、 $SiO_3^{2-}$ と $H_2SiO_3$ がおおよそ1:3.4の比率で含まれている。

## 7. 参考文献

丸岡 禎, 2005, 『報文 教材としての原生動物(3)ーゾウリムシⅡ』

115-132COLOR.pub (protistology.jp)

<https://ir.library.osaka->

[u.ac.jp/repo/ouka/all/575/06072\\_%E8%A6%81%E6%97%A8.pdf](https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/575/06072_%E8%A6%81%E6%97%A8.pdf)

## ミジンコの浸透圧適応性

### 1. 緒言

2.5%の砂糖水に、大阪城の濠(ほり)の水を約 3000 倍に濃縮した、多種のミジンコを含む水を入れた(餌は与えなかった)ところ、ケンミジンコのみが1か月ほど生き残ったことから、『ケンミジンコは他のミジンコよりも浸透圧の変化に対して高い適応性を持つ』という仮説を立てた。また、ミジンコの種類によって浸透圧に対する耐性が違い、浸透圧耐性の差によってミジンコを種類ごとに分けることができるのではないだろうかと考えた。

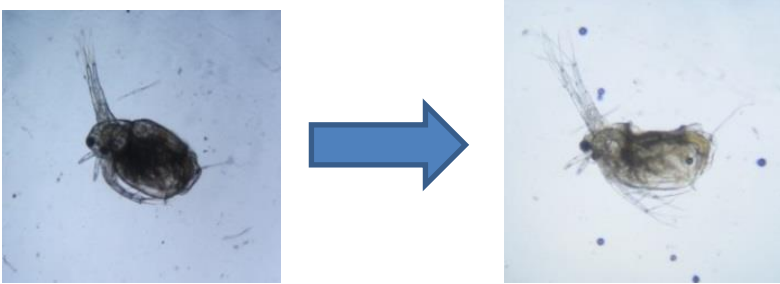


図1. 食塩水の浸透圧による影響



図2. ケンミジンコ(中央)とゾウミジンコ(右下)

### 2. 実験手順

ケンミジンコのみを含む水とタマミジンコのみを含む水をそれぞれ濃度の違う砂糖水を入れて観察した。

### 3. 実験結果

ケンミジンコの結果は以下の通り

濃度%	分注直後	1日後	約2週後
0	○	○	○
0.5	○	○	○
1.0	○	○	○
1.5	○	○	○
2.0	◎	◎	◎

※○は1,2匹 ◎は○よりも明らかに多いもの(約6匹)

数日間確認したが、数の変化は見られなかった。

上記の濃度はケンミジンコを含む濠の水を加えた後のものである。

また、タマミジンコの結果は以下の通りであるが、ケンミジンコのとときの反省から、数をより正確に記録し、濃度の範囲も少し広げた。

濃度%	分注直後	1日後	2日後	3日後
0.5	6	10	5~7	5~6
1.0	7	12	5~7	5~6
1.5	6~7	16	5~7	5~6
2.0	7	6~7	5	3~4
3.0	11	9	7~8	4

この2~3日後に全滅した。0%のときは詳しい数は記録していないが0.5%や1.0%のときと大きな違いはなかった。

以上の結果から、次のことがわかる。

- ケンミジンコは0~2.0%、タマミジンコは0~3.0%の浸透圧の変化には適応できる。
- タマミジンコは1日後に繁殖したが、ケンミジンコには個体数の増加はみられなかった。また、2%より濃度が高いとタマミジンコの繁殖力が低下する可能性がある。
- 2種のミジンコの数の減少の差は寿命の差によるものと思われる。
- ケンミジンコの方が寿命が長い。

### 4. 考察

ミジンコ全般にはある程度の浸透圧耐性があり、それに大きな差はない

仮説の通りにならなかったのは、ケンミジンコが他のミジンコも食べる獰猛な捕食者であること(文献より)や、寿命の差(実験より)によるものだと考えられる。

### 5. 結論

『ケンミジンコは他のミジンコよりも浸透圧の変化に対して高い適応性を持つ』という仮説を立証できず、完全に否定することもできなかった。また、ミジンコの種類ごとの浸透圧耐性の差によってミジンコを種類ごとに分けることができるかどうかは、今回使った種類が少なかつたため、分からなかつた。砂糖以外(食塩など)を用いる、今回使った2種以外のミジンコを用いるといったことをするべきであつた。また実験の試行回数も少なかつたと考えられる。

## 6. 参考文献

- 水野寿彦.日本淡水プランクトン図鑑.保育社. 1964.
- 富川光,鳥越兼治.日本産ケンミジンコ科(甲殻亜門:カイアシ亜綱:ケンミジンコ目)の属の同定法  
[https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/2/28591/20141225100616399584/BullGradSchEduc-HiroshimaUniv-Part2\\_58\\_19.pdf](https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/2/28591/20141225100616399584/BullGradSchEduc-HiroshimaUniv-Part2_58_19.pdf)

# メダカの体色変化

## 1. 緒言

メダカは、自らの身を外敵から守ったり、異性へ自らの存在をアピールしたりするために、体色を変化させることがあるといわれている。私たちはこのメダカの体色変化に興味を持ち、どのような環境であれば体色が変わるのか、そして体色変化の仕組みについて研究した。この研究において体色変化とは、相対的に見て体色が変わったことと定義する。

### ～メダカの体色変化の仕組み～

メダカの鱗の真皮層には、色素胞という樹状の突起を持つ細胞がある。この色素胞内には色素顆粒があり、この色素顆粒が色素胞の中を動くことによってメダカの体色が変わる。色素顆粒が色素胞の中心に凝集している場合は、全体的に体色は薄い色に見える。一方、色素顆粒が色素胞の樹上の突起に拡散している場合は、全体的に体色は濃い色に見える。

周囲の環境が白くなると、交感神経が刺激されて、ノルアドレナリンが分泌される。さらに、脳下垂体からメラニン凝集ホルモンが分泌され、色素顆粒の凝集を促進し、体色が白く変化する。

周囲の環境が黒くなると、脳下垂体後葉から黒色素胞刺激ホルモンが分泌されて、色素顆粒が拡散し、体色が黒く変化する。

色素顆粒の移動は色素細胞に張り巡らされている微小管の上を移動するモータータンパク質によるもので、凝集する際にはダイニンが、拡散する際にはキネシンが色素顆粒を運んで色素胞内を移動する。

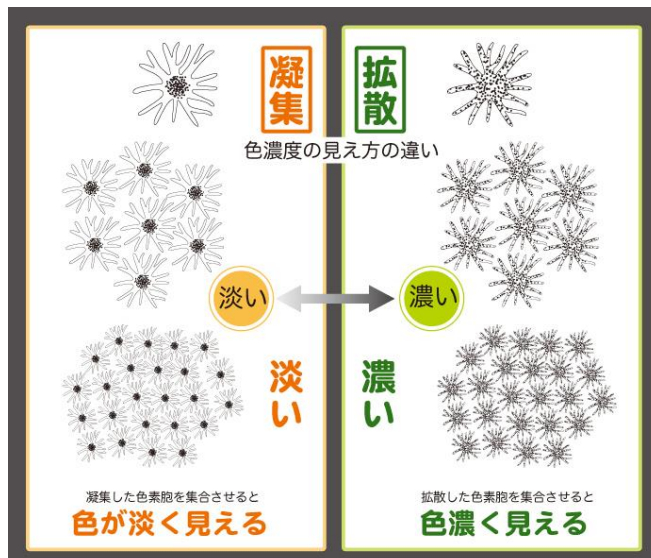


図1 色素顆粒の凝集と拡散 (メダカ通販のめ組。より引用)

## 2. 実験手順

○使用した材料及び実験器具、薬品など

- ・ヒメダカ、クロメダカ
- ・水槽(半径 150mm×深さ 300mm)
- ・画用紙(赤、黄、青、白、黒)
- ・カラーセロハン(赤、黄、青)
- ・スポット

- ・顕微鏡
- ・ろ紙、葉さじ、電子天秤
- ・淡水魚用リンガー液 (NaCl 7.5g, KCl 0.2g, CaCl<sub>2</sub> 0.21g を精製水 950ml に溶解)
- ・1/15M KCl 液 (NaCl 3.76g, KCl 4.97g, CaCl<sub>2</sub> 0.21g を精製水 950ml に溶解)
- ・顕微鏡テレビ装置 S-HD (NaRiKa, Cat.No. D20-2892)
- ・デジタルカメラ(Canon, Sx740HS)

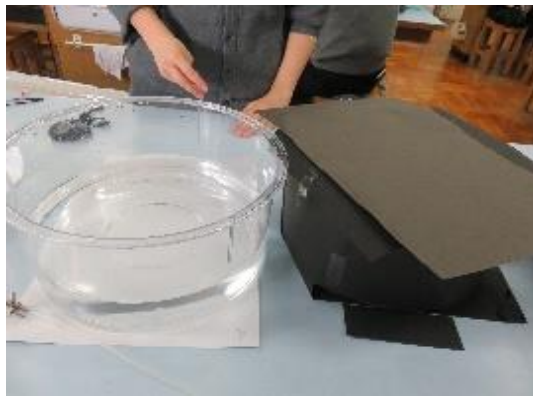
#### 【A】周囲の環境を変化させる実験

(1)写真①のようにヒメダカをいれた水槽を側面は赤、青、黄のカラーセロハンで、底と水槽上部にはカラーセロハンと同じ色の色画用紙で覆い、体色変化するかを観察した。また、クロメダカを使って同様の実験を行った。横に色画用紙やカラーセロハンで覆っていない水槽を用いて、対照実験を行った。



写真① 実験(1)の様子

(2)写真②のように、クロメダカを入れた水槽を黒の画用紙で覆って、体色変化するかどうかを観察した。この実験でも対照実験を行った。



写真② 実験(2)の様子

#### 【B】クロメダカの鱗の色素胞を観察する実験

- (3) (2)で行った実験と同様に、黒、白の画用紙で覆った水槽から取り出したクロメダカの鱗をスポイトで採取し、顕微鏡で観察した。
- (4) 画用紙で覆っていない水槽のクロメダカから採取した鱗をリンガー液、KCl 液の順に浸し、顕微鏡にテレビ装置を接続し、色素胞の様子を観察、記録した。

### 3. 実験結果

#### 【A】周囲の環境を変化させる実験

- (1)ヒメダカ、クロメダカともに、体色に変化は見られなかった。

(2) 黒の画用紙で覆った水槽のクロメダカが写真③のように黒く体色変化した。

(写真④は対照実験のために置いておいたクロメダカ)



写真④ 対照実験のためのクロメダカ

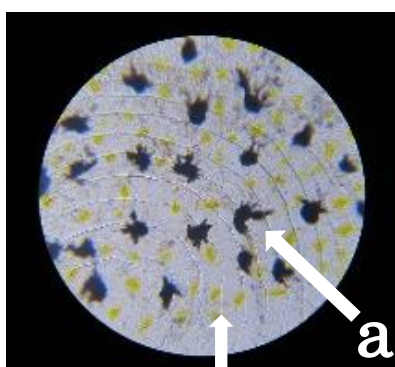


写真③ 黒く体色変化したクロメダカ

### 【B】クロメダカの鱗の色素胞を観察する実験

(3) 白の画用紙で覆った水槽のメダカから採取した鱗を顕微鏡で観察すると、写真⑤のような黒色素胞と黄色素胞を観察することができた。

また、黒の画用紙で覆った水槽のメダカから採取した鱗を顕微鏡で観察すると、写真⑥のように、黄色素胞と、色素顆粒が拡散した状態の黒色素胞を観察することができた。



写真⑤



写真⑥

(4) 鱗を KCl 液に浸すと色素顆粒が凝集する様子を観察することができその様子をテレビ装置で録画することに成功したが、色素顆粒の移動は微々たるものであった。

### 4. 考察

(1) ヒメダカ、クロメダカともに周囲の環境を変化させるだけでは、赤、青、黄に体色変化することはないと考えられる。そこで、ヒメダカやクロメダカが持つ色素顆粒について調べたところ、ヒメダカよりクロメダカの方が白黒間で体色変化しやすいということが分かったので、クロメダカを使って以後の実験を行うことにした。

(2) クロメダカは黒色素胞を持ち、周囲の環境に応じて黒く体色変化することがあると分かった。

(3) 写真⑤、⑥から分かるように黒色素胞をもつ(矢印 a)とともに、黄色素胞も持つ(矢印 b)ということが分かった。また、赤や青の色素胞が観察されなかったことから、周囲の環境を変化させるだけでは赤や青には体色変化できないと考えられる。

黒の画用紙で覆った水槽のメダカの色素胞と、白の画用紙で覆った水槽のメダカの色素胞で、大きな違いが見られなかった理由は、鱗を採取するために画用紙を何度も取り外したことで、体色が十分に变化していなかったからであると考えられる。

(4) KCl 液で鱗を浸した際に、色素顆粒がすばやく凝集する様子が観察できると予測していたが、実際に観察された色素顆粒の凝集は微々たるものであった。その原因は、リンガー液や KCl 液を作る際に、溶

質の質量を正確に測ることができていなかったことではないかと考えた。また、鱗を採取してから、リンガー液や KCl 液に浸し、テレビ装置で録画を開始するまでに時間がかかったことも原因として考えられる。

## 5. 結論

クロメダカは白黒間で体色変化をする。

また、(3)の実験で黄色素胞を持つことが確認できたので、黄色素胞について調べてみると、黄色素胞は光吸収性色素胞であることが分かったので今後はメダカを生育する光の条件を変え、黄色に体色変化させることができるかどうか実験を行いたい。

さらに、(4)の実験で、溶質の量を正確に測り、液を生成し直して、KCl 液に浸すと色素胞がすばやく凝集する様子を確認したい。

## 6. 参考文献

- メダカ通販のめ組。<https://medaka1medaka.ocnk.net/page/42>
- 「野生メダカの鱗上の黒色素細胞反応の教材化の試み」  
<https://core.au.uk/download/pdf/147575817.pdf>
- 生体調節学実験 A:メダカ鱗における色素胞の神経制御 竹内浩昭