

光色と光合成量の関係

1. 要旨

電球色(普通電球)と、赤色光(植物育成ライト)を用いて実験を行い、結果としては電球色のほうが光合成量が多かった。

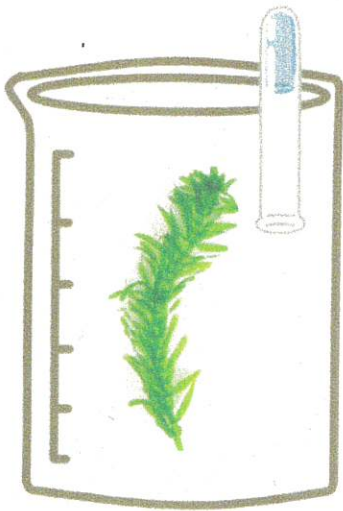
2. 研究目的

光合成量を最も増加させる光色を探し、水中の酸素を増やす方法を研究しようと思った。

3. 研究方法

ビーカーに重曹 NaHCO_3 (茶匙大さじ1)を溶かした水300mlを入れ、試験管には重曹(小さじ1)を溶かした試験管1本分の水と、10cm前後のオオカナダモを入れた。

5分間、試験管に光を当てた。その後、ビーカーに試験管を逆さまにして入れ、光源の距離を一定にし、5分間光を照射した。その間のオオカナダモの茎からの気泡の発生量を測定した。



(図1: 実験方法)

電球色の全光束は780lm(ルーメン)

赤色光は青色(450nm)と赤色(660nm)が含まれる。

全光束とは、光源から放出されるすべての光の量のことを指す。光が人の視覚に対してどれだけ明るく感じるかを示す指標で、光束を表す単位、lmが大きいほど光の量が多くなり、明るい。lmの目安は以下の表。

ルーメン	明るさの目安
0	真っ暗
10~30	足元が少し明るい程度
50~100	普段使いに最適
200	数十メートル先が確認できるくらいの明るさ
400	部屋全体がはっきり見渡せるあかるさ 手元が見えづらい明るさ
800	クルマのヘッドライト程度の明るさ

(図2:ルーメンの目安)

4.結果

	時間 (分)	距離(cm)	光色	気泡の数	明るさ (ルクス)
①	5	15	(光なし)	75	(なし)
②	5	15	電球	433.5	6830
③	5	15	赤色	141.5	2010
④	5	30	電球	373	2790
⑤	5	30	赤色	303	915

(図3:結果)

*②と③は、2回の実験の平均値

5.考察

電球色の方が光合成量は多かった。

しかし、直視分光器で電球色には可視光線すべて(紫色、藍色、青色、緑色、黄色、橙色、赤色)が含まれていることを確認した。

電球色では、明るいほど光合成量も増えたが、赤色光では明るくても光合成量は増えなかった。これらの理由から2色の光しか含まれていない赤色光に比べて、電球色のほうが光合成量が大きかったと考えられる。

また、可視光線の中には最も光合成を活発にする光色が含まれていると考えた。

6.結論・今後の課題

赤色光ライトより、電球色のほうが光合成量は多かった。

最も光合成を活発にする光色については、実験期間に何度も欠席していたため実験が行えなかった。今後また実験を行える機会があるならば、どの光色が最も光合成を活発にするのか実験したい。

7.参考文献

図2：<https://houpark.co.jp/column/ienoshoumeinoakarusa-230213/>

実験に使用したライト：<https://ec.beamtec.co.jp/products/lq7e26w2g>

ヒル反応の測定(降幡高志、2005年)

赤・青色光の照射時間の比率が植物の成長に与える影響

1. 要旨

光の波長が植物の成長に与える影響に着目し、成長が速く、栽培しやすいレタスの2品種を用いて赤・青単色光の照射時間の比率の異なる環境下(以下光環境)のもとで成長の仕方に違いが現れるかどうか、複数の光環境下で植物を栽培することで「生重量・発芽率」の2つの観点から研究を行った。

2. 研究目的

今日、国内の植物工場では多様な人工光を用いた植物の生産が行われているが、中でもLEDを用いた植物工場はコストを低く抑えられるため注目を集めている。赤青色光を暗期無しで交互照射すると、赤色光と青色光を同時照射したときよりも育つという研究を読んだことがあったので、私達は赤色光と青色光のLEDに着目し、その照射時間の比率を変えることで植物の成長が最も速く育つ照射時間の比率や、その他植物にどのような影響を与えるか調べようと考えた。

また、植物の光受容体や光合成色素は赤色光や青色光を受容するものが多く、その影響が特に大きい。そのため、先行研究と同様に赤・青色光のみを用いた実験をしようと考えた。

先行研究では、成長すると葉の色が赤くなるレタスと赤くならないレタス(グリーンスパン、ブラックローズ、サマーサージ)を用いていたため、今回は入手がしやすく葉が赤くなる品種(サニーレタス、以下サニー)と赤くならない品種(カッティングレタス、以下カッティング)を用いて実験を行った。

3. 研究方法

予備実験を行った結果、主に光量不足によって植物が十分に育たなかったため、本実験では図1,2のように段ボールで台を作成し、植物と光源の距離を近づけることで十分な光量を確保した。また、栽培日数がある程度確保するとレタスの両品種間の重量の優劣がつかため、栽培日数を短くした。これらの操作を加えたあとの実験で得たデータを実験結果としている。

実験装置

- ① スポンジを約3cm角に切り、中央に深さ0.5cm程度の穴をコルクボーラーを用いて開けた。
- ② ①のスポンジを24個小さいかご(以下かご小)に敷き詰め、大きいかご(以下かご大)にかご小を入れた。かご小には側面と底面に隙間が空いており、かご大に水をいれるとかご小にも水が入るようになっている。かご小はスポンジを固定するために使用した。
- ③ 段ボールを加工し暗室と台を作り、かごを台に設置した。
- ④ 暗室に赤・青色光を発する2つの電球(光商事株式会社 HD0526RD1、光商事株式会社 HD0526BD1)を上から取り付けた。電球にはプログラムタイマー(ナカバヤシ株式会社 REVEX PT262)を付け、赤・青色電球を片方だけ点灯し、それぞれの時間比率を変えられるようにした。

図1,2は実験装置を暗室内から撮影した写真と実験装置全体の模式図である。

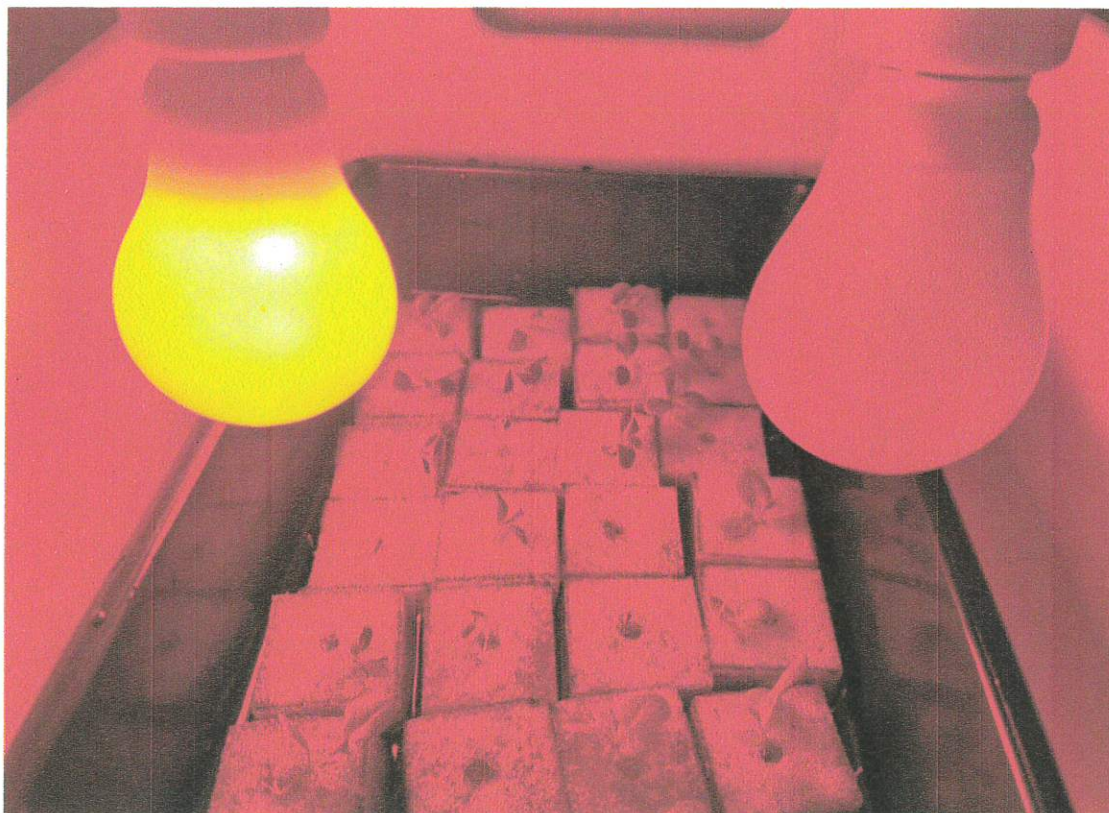


図1,実験装置内の様子

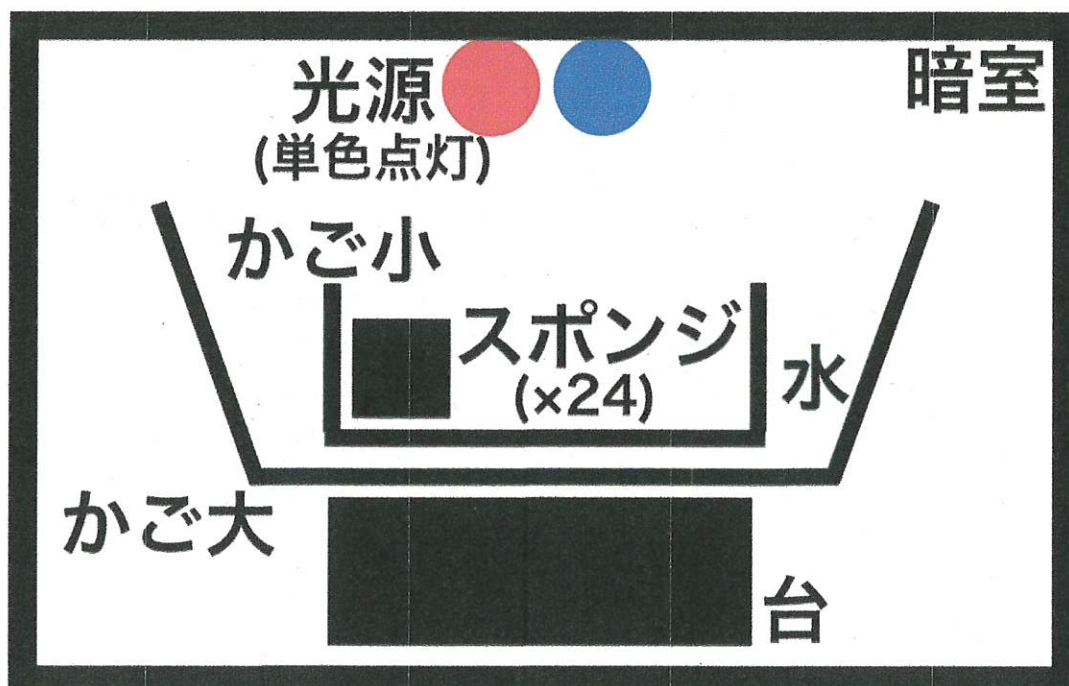


図2,実験装置の模式図

実験手順

- ① かご小中のスポンジ24個の内、12個にはカッティングレタス、もう12個にはサニーレタスの種子をスポンジ中央の穴の中に植えた。品種を区別できるように品種ごとにスポンジにマーカーで目印をつけた。
- ② かごに、スポンジの9割5分が水に浸かるように水をいれた。また、3日に1回程度かごの水換えをし、1週間に1回液体肥料を(水:液体肥料)=(5000:1)の割合で水換え時に加えた。
- ③ プログラムタイマーで赤・青色光LEDの照射時間を決め、赤・青色光の照射時間の比率が一定の環境(以下光環境)を作り、温度一定(25℃)で20日間栽培した。
- ④ 栽培後、品種ごとに発芽率と生重量を測定した。

本研究では赤・青色光の照射時間比率が(赤:青)=(0:24),(4:20),(8:16),(16:8),(20:4),(24:0)の6つの光環境下で対照実験を行い、両品種に最適な光環境やその他光環境が植物へ与える影響を考察した。実験に用いた個体群を光環境を基にそれぞれ、赤0群、赤4群、赤8群、赤16群、赤20群、赤24群と区別した。

4.結果

生重量

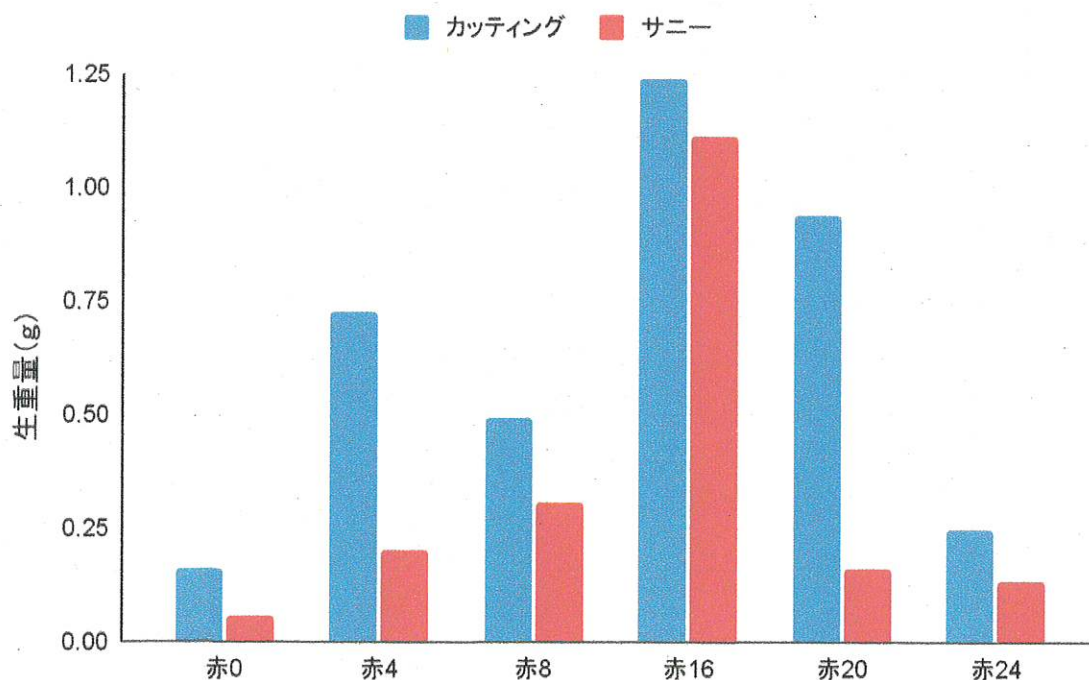


図3,実験結果(生重量)

発芽率

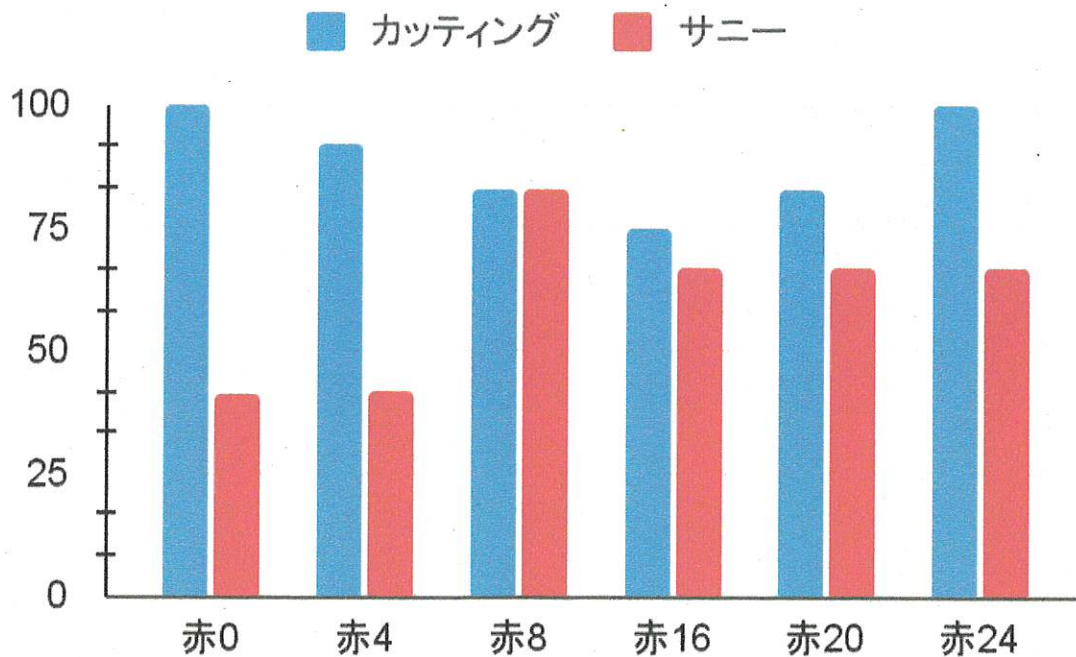


図4,実験結果(発芽率)

5.考察

生重量については以下のように考察した。まず、図5に光の波長による光合成の効率と発芽促進の作用を示す。図から、植物に青色光を照射するよりも赤色光を照射するほうが光合成の効率が高いことがわかる。また、植物に青色光を照射することで気孔の開閉が促進されたり、植物が光源の方に葉を向けるようになるため、青色光も植物の成長には欠かせない。ここで実験結果より、赤16の光条件下でレタス両品種の生重量が最大になっていることから、青色光は赤色光より短い照射時間で効果を十分に発揮することができると考えられる。また、赤20の光条件下において、カッティングは生重量が大きくなっているのに対してサニーは大きくなっていないことからカッティングはより短い時間で青色光照射の効果が十分に得られると分かり、カッティングには青色光の光受容体であるフォトロピンがサニーより多く含まれていると考えられる。以上より、フォトロピンの含有率により植物の最適な光条件が決まり、フォトロピンの含有率を調べることで植物に最適な光条件を調べることができる。と考える。

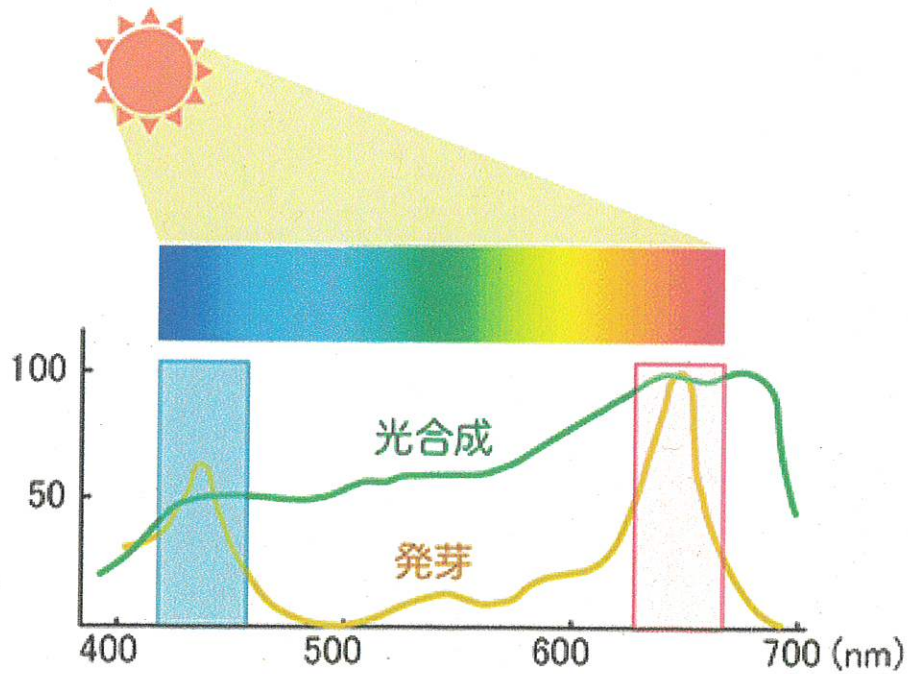


図5,光合成の効率と発芽率

発芽率については、レタスの種子が光発芽種子であることから、光受容体のフィトクロムが関係していると考えた。図6に示すようにフィトクロムにはPr型とPfr型があり、赤色光を受容することでPr型はPfr型となる。また、フィトクロムは様々な種類があり、特にフィトクロムAはPfr型で急速に分解され、発芽促進の作用が持続しない。つまり、フィトクロムAの含有率が大きいほど発芽は促進されず、より長い赤色光照射を必要とする。そこで私たちはフィトクロムAの含有率が関係していると考えた(ここで言う含有率とは、フィトクロム全体に対するフィトクロムAの含有量のことを指す)。ここで、実験よりカットイングよりもサニーのほうがより長い時間の赤色光を必要とすることがわかる。そのため、カットイングレタスはフィトクロムAの含有率が高いと考えられる。

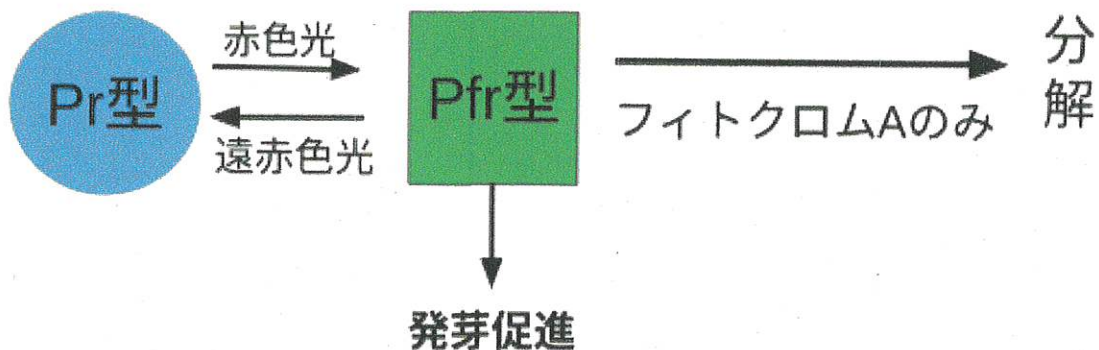


図6,フィトクロムの型

6.結論・今後の課題

結論として、植物のフィトクロロフィルの含有率を調べることで、その植物が生重量を増加させるのに最適な光条件を予測することができる。フィトクロロフィルが多く含まれる植物は青色光の照射時間が短くてよく、光合成効率の大きい赤色光を長く照射することで生重量を大きくすることができる。また、発芽率を大きくするためには赤色光を長く照射すると良いが、クロロフィルAの含有率により最低限必要な赤色光の照射時間が変化する。

今後の課題は以下の4つである

- ① 光条件の数を増やすこと。
本研究では6つの光条件を用意したが、光条件をより多く用意することで植物に最適な光条件をより細かく考察したい。
- ② 光条件に対するデータ量を増やすこと。
本研究では1つの光条件に対して各品種12個体のデータを1周期分得たが、1周期の実験により多くの個体を用いたり1つの光条件に対して何周期も実験を行うことで、個体差を可能な限り排除したデータを得たい。
- ③ 植物に均一に光を照射できる環境を作ること。
本研究では電球型のLEDを用いたため、光源からの距離が個体ごとに異なっていた。LEDの形状が蛍光灯型のものを用いたり、LEDの個数を増やすなどして各個体が受ける光の強さを均一にした状態で植物を栽培したい。
- ④ 栽培日数を延ばし光合成の影響をより顕著にすること。
本研究では20日間の栽培期間を設けたが、実際に食料として扱われる程度にまで植物を栽培し、より実用的な考察を立てたい。

7.参考文献

- Akihiro Shimokawa, Yuki Tonooka, Misato Matsumoto, Hironori Ara, Hiroshi Suzuki, Naoki Yamauchi, Masayoshi Shigyo."Effect of alternating red and blue light irradiation generated by light emitting diodes on the growth of leaf lettuce".bioRxiv.2014.[Effect of alternating red and blue light irradiation generated by light emitting diodes on the growth of leaf lettuce | bioRxiv](#).(参照 2023-11-6).
- 日本光合成学会."Pfr暗失活".光合成事典.
2020-5-12.<https://photosyn.jp/pwiki/?Pfr%E6%9A%97%E5%A4%B1%E6%B4%BB>.(参照 2024-7-3)

ネギのアレロパシー活性

1. 要旨

ネギの抽出液で種子を育てた場合、トマトの種子とイネの種子（玄米）は発芽率にどのような影響を受けるのかについて研究した。

以下の2点に着目して実験を行った。

- ①ネギの抽出液が他の種子の発芽を促進、または抑制するかどうか
 - ②ネギの抽出液を加熱した場合と加熱しなかった場合で他の植物の発芽に与える影響の違いはあるのか
- ネギの抽出液を混ぜ込んだ寒天培地、加熱したネギの抽出液を混ぜ込んだ寒天培地、滅菌水のみで作った寒天培地（control）の条件で発芽を観察した。

トマトの種子では、①においてネギの抽出液による影響はほとんど見られず、②においてネギの抽出液を加熱したことによって発芽率に違いが見られた。

稲の種子（玄米）では①においてネギの抽出液によって発芽率が抑制されるという結果が得られ、②においてネギの抽出液を加熱した場合の発芽率への影響の違いは見られなかった。

実験で得られた結果から、ネギの成分が他の植物の種子の発芽を抑制するかどうかはアレロパシー作用を受ける植物の種類によって異なること、ネギの抽出液を加熱した場合としていない場合の他の植物の発芽率への影響の違いも植物の種類によって異なることが分かった。

2. 研究目的

アレロパシーとは植物が個体外に放出する化学物質が、他の生物個体に何らかの作用を起こす現象のことである*(1)。そこから、植物が他の植物にどのような手段で影響を与えているかについて関心を持ち、研究を行いたいと考えた。

コンパニオンプランツという家庭菜園などで応用されている植物同士を隣に植えることで互いの生育を促進し合う組み合わせがあることを知り、コンパニオンプランツとして知られる組み合わせの植物を用いて、アレロパシーを調べたいと考えた。その組み合わせの中で実験を始めた時期が夏であったこと、身近で手に入りやすいことから、ネギとトマトの組み合わせを選んだ。

また、ネギとイネの種子の組み合わせについても調べた理由は、私達が行った予備実験ではネギの抽出液がトマトの発芽を抑制するという結果が出ていたが、アレロパシーについての研究の中に、西洋ネギの成分がイネの成長を促進したという研究**(2)があったため、種子によってネギのアレロパシーの受け方が異なるのかどうかということに興味を持ったからである。

また、コンパニオンプランツになる理由は植物がある程度育った後に起こることであるため、発芽の段階でもトマトとネギの間にアレロパシーの効果が現れるのかを実験で調べたいと考えた。

そして、他の植物の発芽に影響を与えるネギの物質が温度によって活性が失われるのかということについて調べたいと考えたため、実験の条件にネギの抽出液を加熱した場合を追加した。

3. 研究方法

- ①長ネギの白い部分を刻んで目の細かい布にくるんで絞り、ネギの抽出液を作る。
- ②ネギの抽出液16ml、滅菌水32ml、寒天0.4gの濃度40%の寒天培地40mlを作る。
- ③このときにネギの抽出液をいれる条件をネギの抽出液を加熱した場合とネギの抽出液を加熱していない場合の2つに分ける。ネギの抽出液を加熱していない場合を作るときは滅菌水に寒天を溶かして45℃に冷ましてから抽出液を入れ、常温で固まらせた。ネギの抽出液を加熱した場合は滅菌水のみを寒天培地（control）とともにオートクレーブ内で加熱滅菌を行った。

上記の加熱していない抽出液をいれてつくった寒天培地（以下「加熱なし」とする）、加熱した抽出液を入れてつくった寒天培地（以下「加熱あり」とする）、滅菌水のみを寒天培地（以下「control」とする）をそれぞれの条件で2つずつ作り、インキュベーター内で25℃に保ち、14日目の発芽率を記録した。

種子の発芽状況を考えて、実験日数を差が顕著に表れる14日間にした。また、14日間安定して種子に抽出液もしくは蒸留水を与えるために寒天を用いた。
ネギの加熱していない抽出液を蒸留水の代わりに与えて蒸留水で育てたcontrolと比べて発芽率が促進されるか、抑制するかについて調べた。

4.結果

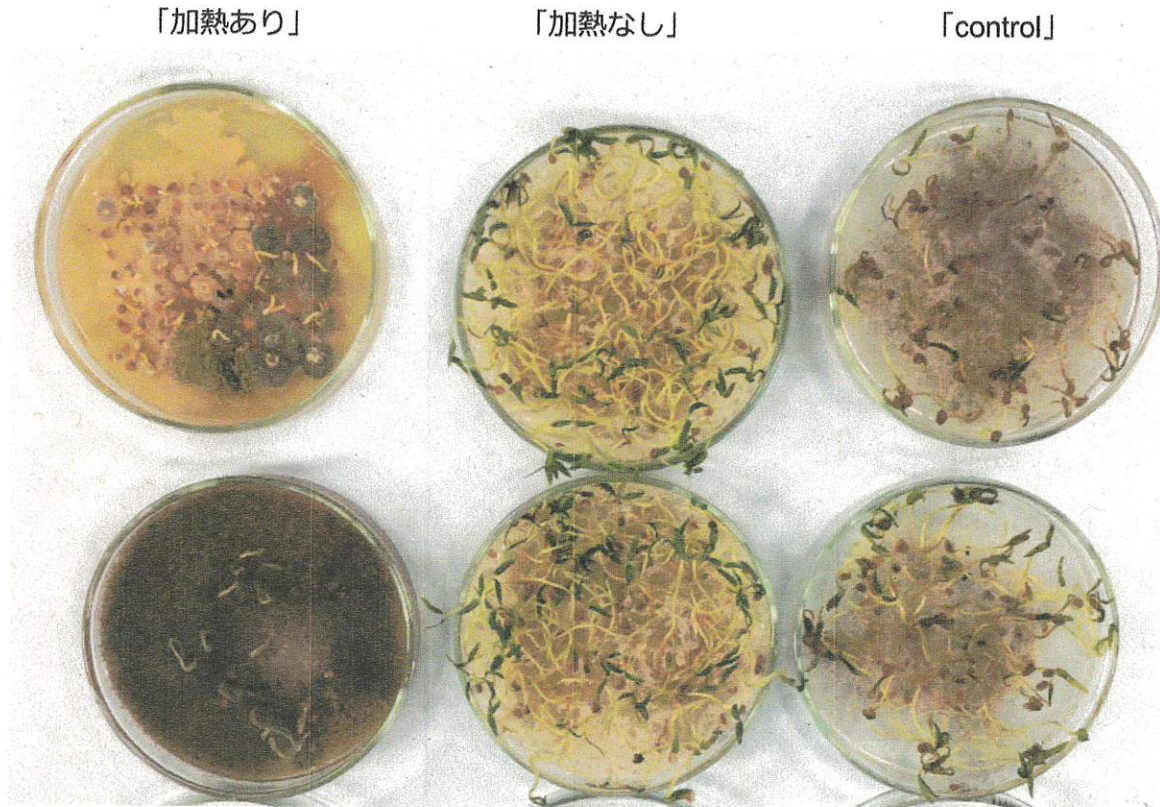


図1 トマトの種子の場合の実験の様子

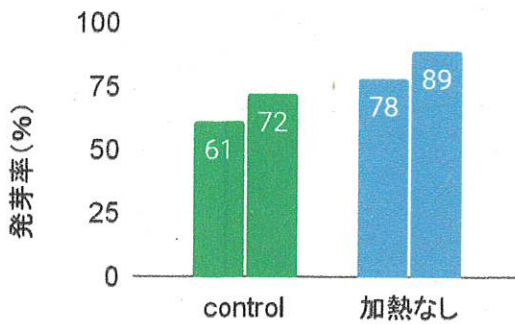


図2

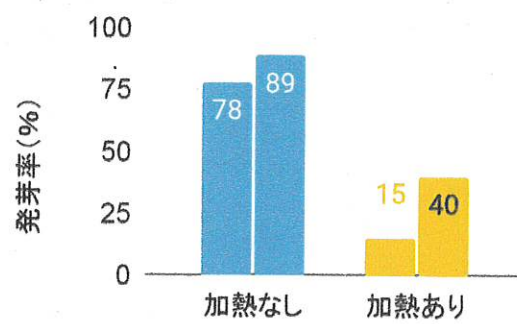


図3

・トマトの種子の結果

「control」と「加熱なし」の条件を比べると（図2）やや「加熱なし」の方が発芽率が高いが、「control」との発芽率に明らかな差異はなかった。

「加熱なし」と「加熱あり」の条件を比べると（図3）「加熱あり」が「加熱なし」と比べて発芽率が大きく下がっていることがわかる。

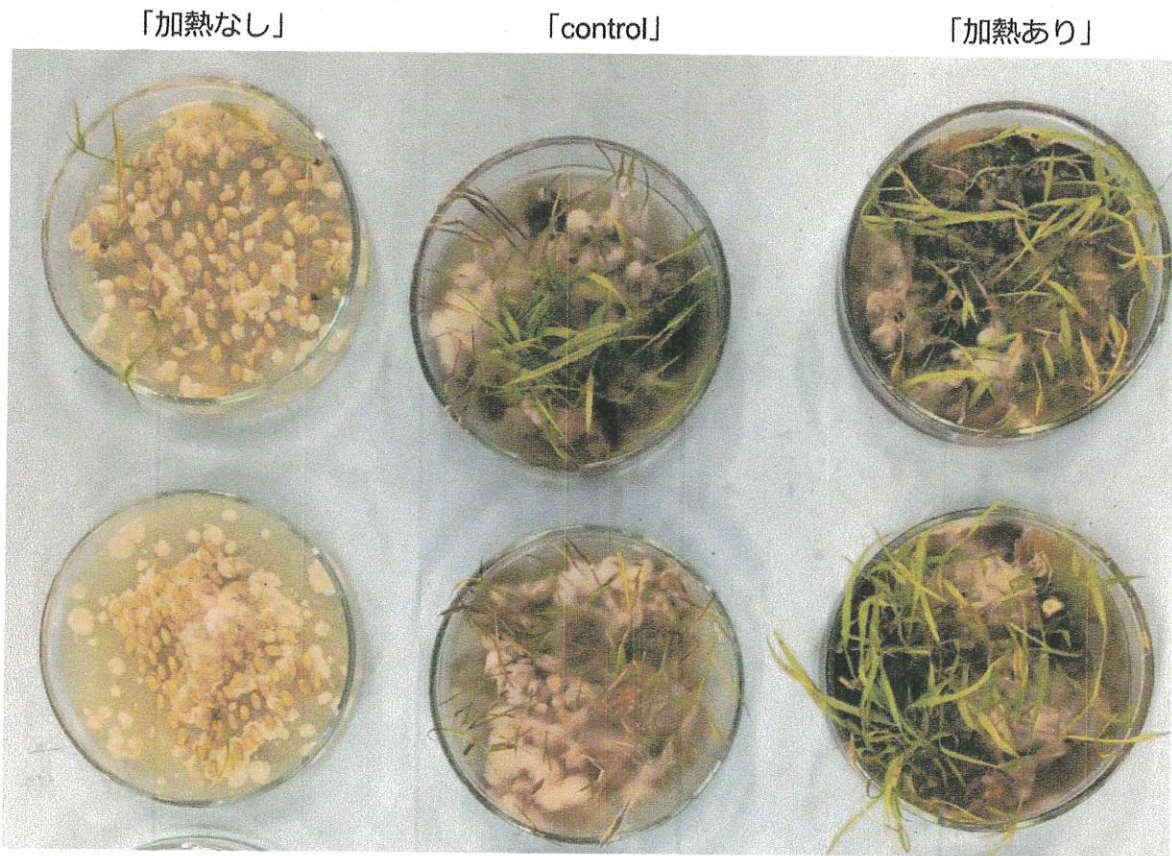


図4 稲の種子の場合の実験の様子

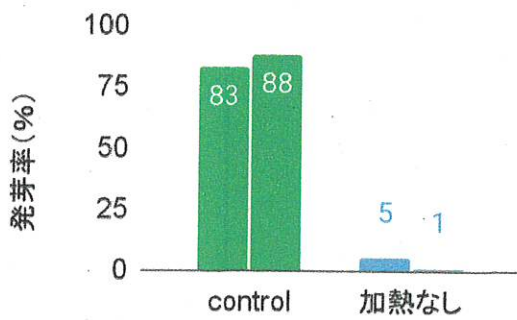


図5

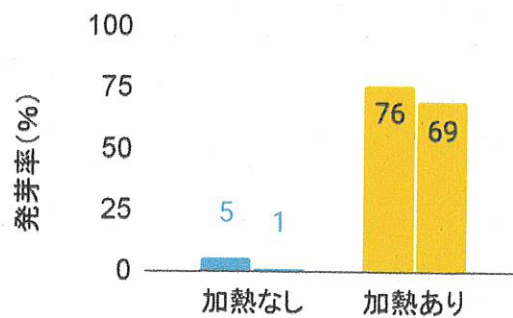


図6

・イネの種子（玄米）の結果

「control」と「加熱なし」の条件を比べると（図5）「加熱なし」はほとんど発芽せず、「control」とは大きく発芽率に差がでた。

「加熱なし」と「加熱あり」の条件を比べると（図6）「加熱あり」は「control」と同程度の発芽率があったので、大きく発芽率に差が出た。

5. 考察

・トマトの種子

「加熱なし」のネギの抽出液はトマトの種子の発芽に影響はあまりなく、「加熱あり」のネギの抽出液はトマトの種子の発芽を大きく抑制したことから、ネギの抽出液の温度を高くしたことによってトマ

トの種子の発芽に影響を与えるネギの成分がトマトの種子の発芽段階において何らかの抑制作用があったと考えられる。

・イネの種子

「加熱なし」のネギの抽出液は稲の種子の発芽を大きく抑制したが、「control」と「加熱あり」の発芽率が同程度であったことから、稲の種子の発芽を抑制するアレロパシー物質は「加熱なし」の状態でも働くと考えられる。

6. 結論・今後の課題

本研究では、「ネギのアレロパシー物質が発芽率に与える影響は植物の種類によって異なる」「種子の発芽に影響を与えるネギに含まれる成分が種子の発芽に影響を与えるかどうかは植物によって異なる」「加熱していないネギのアレロパシー物質は稲の種子の発芽を抑制する」ことがわかった。

予備実験を含め、カビや実験環境の違いにより、実験回数を重ねるごとに結果にばらつきが出てしまい、正確な実験結果を得ることができなかった。本研究の実験ではネギの何の成分が他の種類の種子のどの部分に化学的もしくは物理的に働いているのかわからなかったため、質量分析を行い、何の物質が働いているのか突き止めたい。

7. 参考文献

・皿倉山ビジターセンター

[第26話「アレロパシーとは他の植物を阻害・促進する作用」](#)

・『植物の行動生物学』種生物学会編 山尾僚 川窪伸光 責任編集,2023,文一総合出版

・*(1)[日本生気象学会雑誌](#)日本生気象学会雑誌 40 (1), 49-54, 2003『アレロパシー 植物が放出する他の生物との相互作用-特に植物が放出する揮発性物質が他の生物に及ぼす影響-』藤井善晴、濱野満子

・**(2)[Gyo-Cheol GOO, Sang-Tai CHOI, Hyung-Geun AHN, Kyung-Sik SONG, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, Volume 65, Issue 6, 1 January 2001, Pages 1296–1301, <https://doi.org/10.1271/bbb.65.1296>](#)

ダンゴムシの外的刺激と記憶力

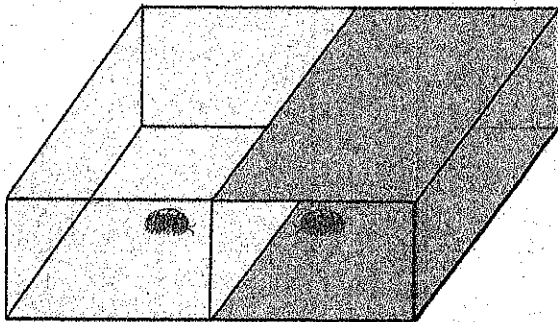
1. 緒言

ダンゴムシに明暗、風、匂いといった刺激を与え、その刺激と関連させた記憶を持たせられるか、いくつかの実験を行った。

今回の実験では記憶力を正確に測ることは出来なかったが、短期的なものの、記憶能力はみられた。また本来の実験目的とは別に、与えた刺激ごとに異なる行動をとる個体や、同じ刺激を繰り返し与えたことによってその刺激に対する行動が変化する個体がいるという結果が見られた。

2. 研究手順

実験に用いたダンゴムシの総数は10匹。全て同じ環境から採集したものである。まず箱を用意し、その半分の壁と床と天井を黒色にして暗い空間を作り、もう半分の壁と床を白色にした明るい空間を作った。(図1)



↑ 図1 箱に暗い空間と明るい空間を作り、そこにダンゴムシを放した模式図

この空間内でダンゴムシを10匹放して3分間の行動を観察したところ、ほとんどの個体が暗い空間に集まっていった。その後この箱全てを暗い空間と同じ環境にしてダンゴムシをその中に放し、ダンゴムシが嫌うペパーミントの匂いを与えた。その後にもう一度この箱を図1と同じ環境に戻すと、わずかながら匂いを与える前よりも暗い空間に集まる個体数が減った。この結果よりダンゴムシにも記憶を保持する能力があると考え、ほかの実験を行った。

実験①

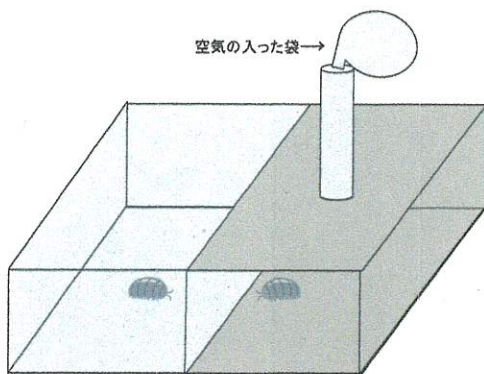
明暗がはっきりと分かれた図1の空間内にダンゴムシを10匹放し、3分間の行動を観察した。

実験②

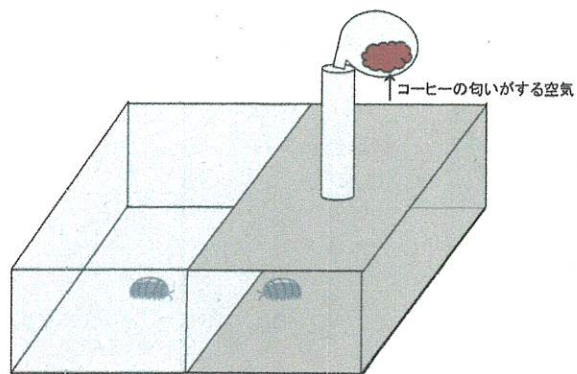
図2の空間内にダンゴムシを放し、袋から空気を押し込み暗い空間内のダンゴムシに風を与えた後、3分間の行動を観察した。

実験③

図3の空間内にダンゴムシを放し、袋から風を発生させないようにコーヒーの匂いをゆっくりと送り込み、ダンゴムシに匂いを与えた後に3分間の行動を観察した。



↑ 図2 実験2の模式図



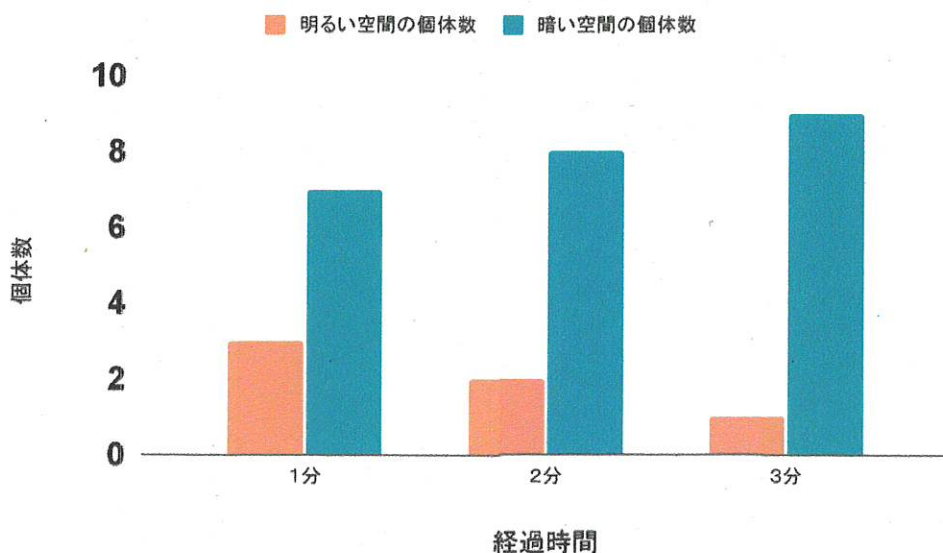
↑ 図3 図2の袋の中にコーヒーの匂いを
入れた模式図

4.結果

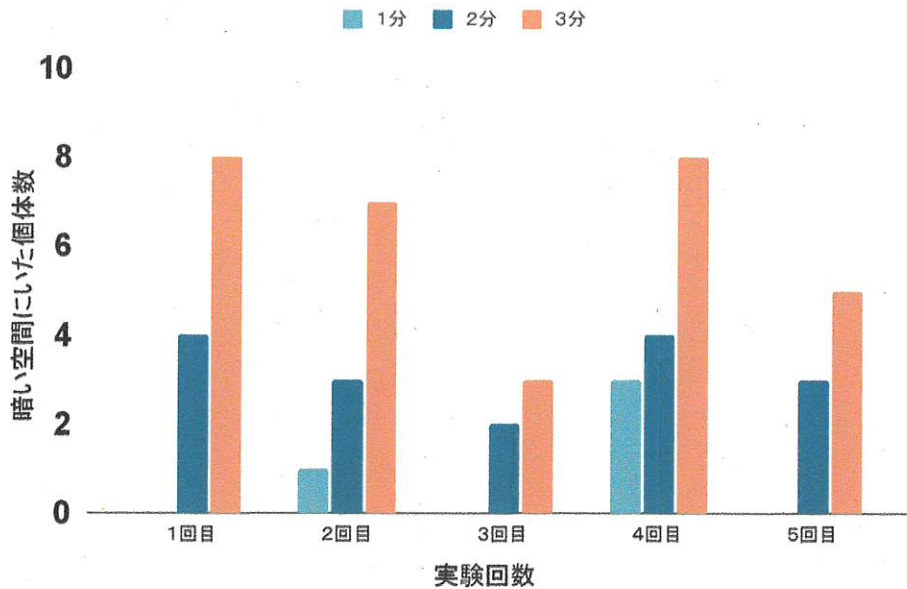
実験①: 図4より時間経過とともに暗い空間に集まっていく個体数が増えた。ダンゴムシは元々暗い空間に集まる習性があるため、予想通りの結果と言える。

実験②: 図5よりやはり時間経過とともに暗い空間に集まった。特徴として、1分時点と3分時点での明るい空間にいた個体数の差が大きい。また実験の試行を繰り返すごとに、風を与えても暗い空間から出てこない個体が見られた。

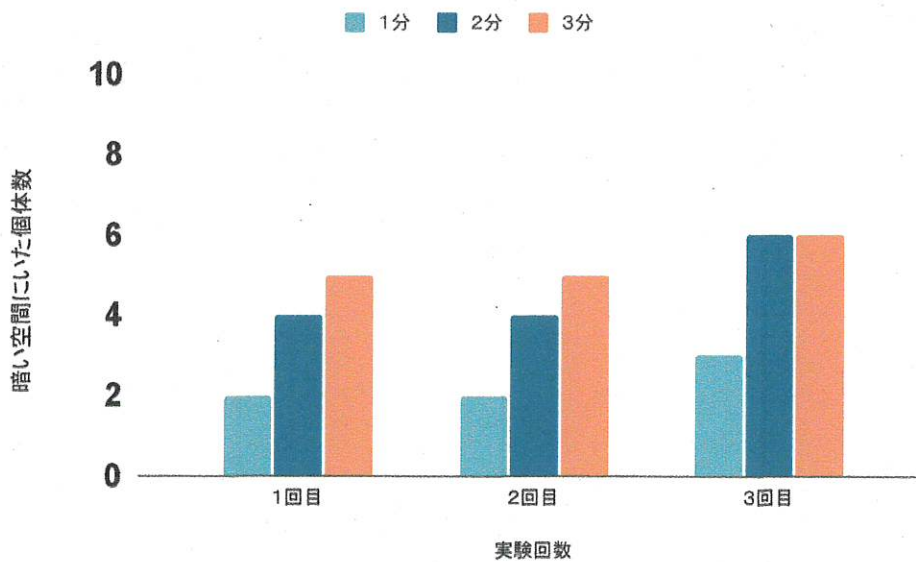
実験③: 図6よりここでも時間経過とともに暗い空間に集まっていく傾向にあるものの、風の実験と比べると1分時点と3分時点での明るい空間にいた個体数が全体的に減っており、このことから刺激ごとに違う行動をとるのではないかと考えた。



↑ 図4 明暗だけの実験1における時間と個体数の変動



↑ 図5 明暗+風の実験2における時間と個体数の変動
(1回目、3回目、5回目での1分時点の個体数は0匹)



↑ 図6 明暗+匂いの実験3における時間と個体数の変動

5. 考察

・①～③の実験全てにおいて、時間経過(約3分)とともに明るい空間から暗い空間に集まっていく傾向が見られた。しかし暗い空間に集まった個体数は実験で与えた刺激ごとに大きく変化したことから、刺激によってダンゴムシの行動の必要度が変化するのではないかと考えられる。

・風の刺激を与える実験を繰り返していくと、風を送っても暗い空間から明るい空間に出てこない、つまり風の刺激を受けても動かない個体が複数体見られた。これはダンゴムシが受けた刺激が直前に受けた刺激と同じで、その刺激に危険性が特に見られなかったことからその場から逃走するという判断を行わなかった可能性がある。教授にそのようなことがありえるのかどうかをお聞きしたところ、生物がエネルギーを無駄に消費しないよう刺激に対しどのような行動をとるべきか判断する、ということは一般的で、

そのような行動をとる可能性はゼロではない、と助言をいただいた。もしそうであるならば、ダンゴムシはついさっき自身が受けた刺激を記憶して、その記憶を元にして次の行動をとったということになり、短期的ながら記憶を保持することができていたのではないかと思われる。

6. 結論

今回の実験では正確にダンゴムシの記憶を測ることはできなかった。原因として、次のことなどが挙げられる。

- ・元にした先行研究通りに実験を進められず自分なりに考え行った実験が、記憶力を測る上での科学的根拠や客観性を含んでおらず、正確性がなかった。

- ・正確な数値を表示する計器(光量、におい物質濃度の計測器など)を用いなかったことで主観的な結果に基づいた実験となったこと。

- ・個体数が少なく、客観的なデータを得ることが難しかった。

また、今回の実験は記憶能力の有無に焦点を当てていたため、長期記憶について実験できなかったことが悔やまれた。

一方で考察でも述べたように、ダンゴムシが同じ刺激に対して、その記憶を元に行動をとっていたという可能性はあり得る。そのため上記の原因を踏まえ、科学的根拠と客観性を十分に含んだ正確な実験を行うことができれば、ダンゴムシの記憶力を測るということは私が思う以上に難儀なことではないのかもしれない、と考えた。

7. 参考文献

コオロギの匂い学習と記憶

https://www.google.com/url?q=https://www.istage.ist.go.jp/article/hikakuseiriseika/25/1/25_1_11/pdf&sa=U&ved=2ahUKEwi8otn71LmHAXVWr1YBHU_nAlcQFnoECCsQAQ&usq=AOvVaw1w1_aki6TluHAnyPFGOY

昆虫の嗅覚学習

https://www.google.com/url?q=https://dl.ndl.go.jp/view/prepareDownload%3FitemId%3Dinfo%253Andlip%252Fpid%252F8795890%26contentNo%3D1&sa=U&ved=2ahUKEwj8otn71LmHAXVWr1YBHU_nAlcQFnoEC8QAQ&usq=AOvVaw15pivxfCi0mTJ3OwtBNvwy

プラスチック別ミルワームの育ちやすさ

1. 要旨

ミルワームがプラスチックを摂食し分解するという先行研究に興味を持ち、今回は生物由来のプラスチックを与えた際の「体重変化、活動度合い、蛹化率」がどのようになるのか調べた。

本研究では餌をよく食べるという点からジャイアントミルワームを用いた。「バイオ90、バイオ25、生分解性プラスチック」の3種類をミルワームに与えて実験をしたところ、バイオ90、バイオ25などの生物由来のプラスチックは、ポリスチレンなどの石油から作られるプラスチックを与えた個体と比較した時、穏やかに体重が減少し、生物由来の割合が大きいバイオ90は最も活動度合いが活発であった。また、石油由来のプラスチックでは蛹化できた個体が半数だったのに対して生物由来のプラスチックは全て蛹化した。このことから生物由来の材料を用いたプラスチックは消化の際にミルワームの体にかかる負担が少なく、石油由来のプラスチックよりもエネルギーを得ることができると考えられる。一方生分解性プラスチックを与えた個体は体重が穏やかに減少したものの、活動度合いが実験開始後から急速に低下し、他のプラスチックとは異なり全ての個体が早期蛹化を行った。

2. 研究目的

近年世界的に注目されているプラスチック問題について関心があった。ミルワームという昆虫がポリスチレンを生分解できることを知り、廃棄困難な様々なプラスチックをミルワームが生分解できれば、プラスチックゴミによる環境への負荷を減らすことができるのではないかと考えた。

先行研究にてミルワームがプラスチックを摂食する事は知られていたが、ミルワームは本当にプラスチックを栄養として成長しているとは書かれていなかったため、ミルワームはプラスチックのみを摂食して栄養を得ることができるのか疑問を抱いた。

またその先行研究で用いられていたプラスチックはポリスチレンやポリエチレンであったが、バイオプラスチックなどの自然由来のものを材料としたプラスチックは実験されておらず、その方がより栄養を得やすいのでは無いかと思い与えてみた。数日後様子を確認すると、石油由来のプラスチックを与えた個体に比べ動きが明らかに活発であった。

私たちは石油由来のプラスチックと生物由来のプラスチックを与えた個体では、健康状態に違いが生じるのではないかと考えた。

石油由来のプラスチックと生物由来のプラスチックを用いて実験するにあたって、微生物によって分解される生分解性プラスチックではさらにミルワームへの体への負担が少ないのではと感じ、生分解性プラスチックも生物由来のプラスチックとして用いることにした。

ミルワームが石油由来のプラスチックと生物由来のプラスチックを摂食する様子を研究する本研究が、ミルワームによる将来的なプラスチック問題解決の糸口になることを目標に研究を開始した。

3.研究方法

使用したもの

「ふすま」はミルワームの基本的な餌である。通常の餌を食べた時の「体重変化」、「活動度合い」、「蛹化率」がどのようになっているのかを調べ、他のプラスチックと比較するために用いた。

今回用いたプラスチックのうち、生物由来のプラスチックは、サトウキビ由来のバイオマスポリエチレンを90%含んだもの（以下バイオ90）、25%含んだもの（以下バイオ25）、そしてでんぷんを原料とした生分解性プラスチックである。

また、石油由来のプラスチックとして、先行研究でも用いられていた、ポリスチレン、ポリエチレンを用いた。

実験の手順

用意したプラスチックは全て細かく刻み、ケース底に床材として敷いたケースの中にジャイアントミルワームを2匹ずつ入れて「体重増加量」「活動度合い」「蛹化率」を調べて記録した。実験中はミルワームが脱水症状にならないように適度に霧吹きを用いて水分を与え、ケースは光が当たらない場所で室温を約25℃の状態にして保管した。また、ミルワームが自身の排泄物によってアンモニア中毒になり死んでしまうことがあったので、プラスチックはこまめに取り替えることにした。

「体重変化」の計測方法

電子天秤で体重を計測し、実験1日目の体重を基準として、どれだけ体重が増加、又は減少しているのかを記録した。

プラスチックを食べることで十分に栄養を得られているのかを調べる指標として用いた。

「活動度合い」

まず、ふすまを入れた紙コップを用意する。一匹のミルワームをふすまの上に置き、潜り始めた時に計測を開始して潜り終わるまでに何秒時間がかかるかを記録した。実験1日目を基準にしてその増減量をデータ化した。

ミルワームに生物由来のプラスチックを与えるとその後の活動が石油由来のプラスチックに比べて活発になったので、指標化する意図で用いた。ミルワームにとって潜るという行為は生命活動をする上で大切な行為である。例えば、本実験でも当初から潜らない個体はその後死んでしまう、ということがあった。このことから潜る時間の計測はミルワームの状態を探る上で重要な要素であると考え、用いた。

「蛹化率」

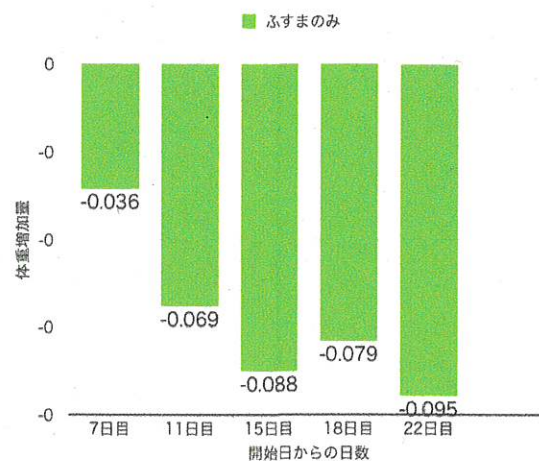
ミルワームが最終的にどれだけの割合で蛹化したのか記録した。母数は4匹である。

4.実験結果

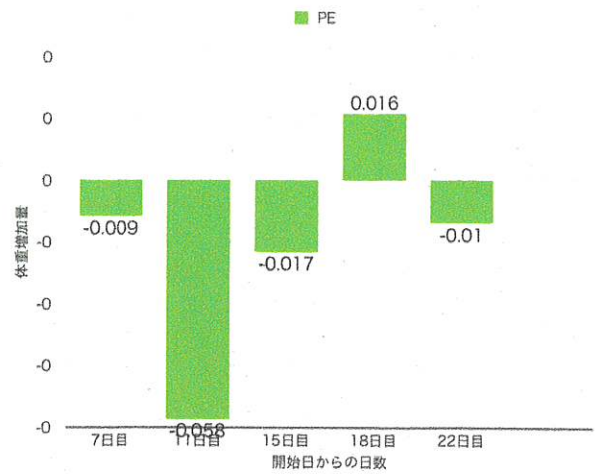
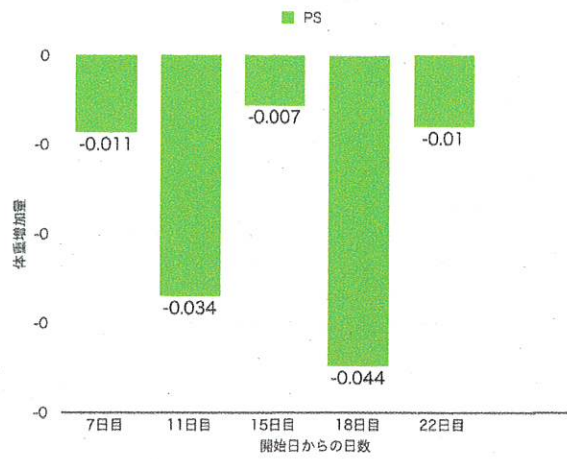
	ふすま	PS	PE	バイオ90	バイオ25	生分解性
体重変化	減少	減少	減少	減少	減少	減少
蛹化	2/4蛹化	個体差あり	個体差あり	全て蛹化	全て蛹化	早期に蛹化
活動度合い	鈍くなる	個体差あり	個体差あり	活発	活発	鈍くなる

①体重変化

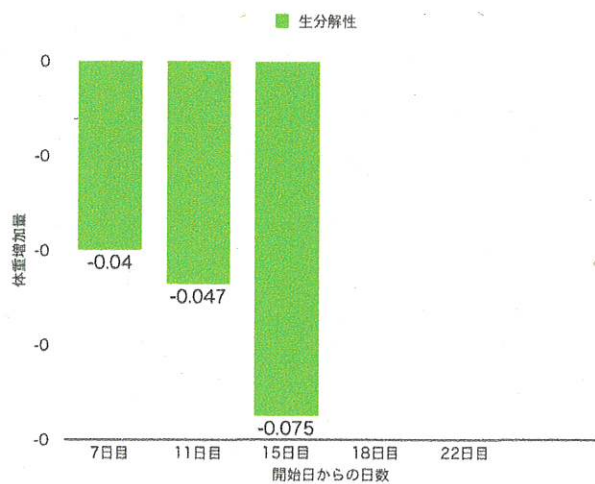
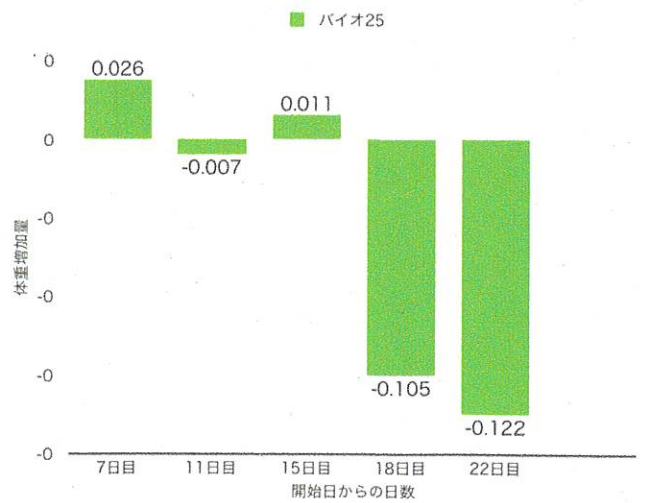
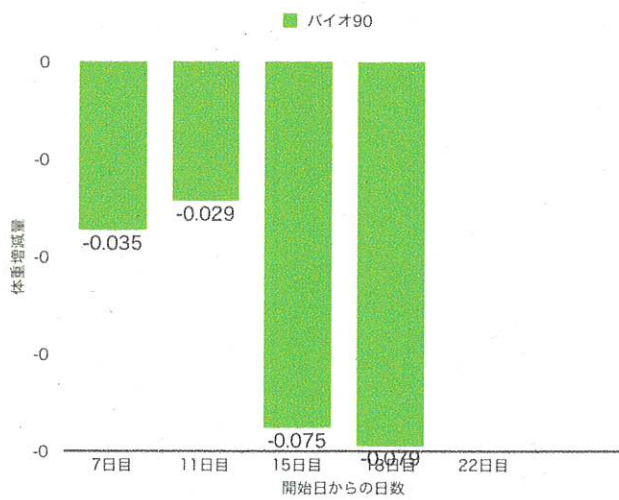
ふすま



石油由来のプラスチック



生物由来のプラスチック



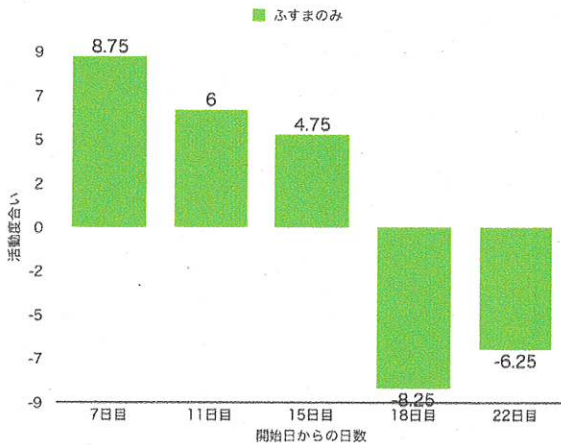
全体的に体重が緩やかに減少したが石油由来のプラスチックは、計測日ごとに体重増減を繰り返して減少していく個体があった。また、生物由来のプラスチックは実験開始からしばらくすると体重が顕著に減少してその減少量は緩やかになった。

② 蛹化率

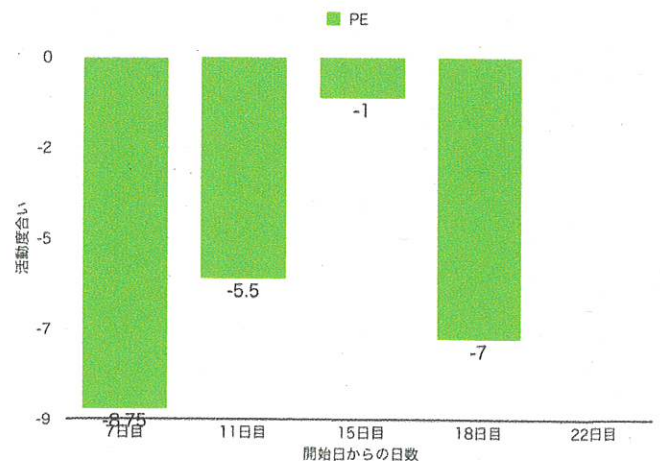
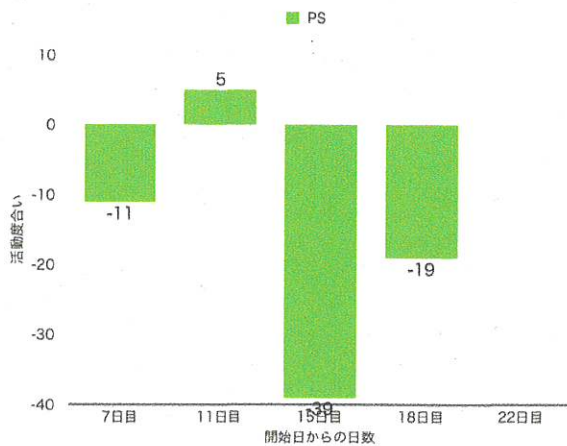
ふすま、生物由来のプラスチックであるバイオ90、バイオ25はすべての個体で蛹化に成功した。一方で、石油由来のプラスチックであるポリスチレン、ポリエチレンの、体重増減を繰り返していた個体は蛹化することができず、死んでしまった。

③ 活動度合い

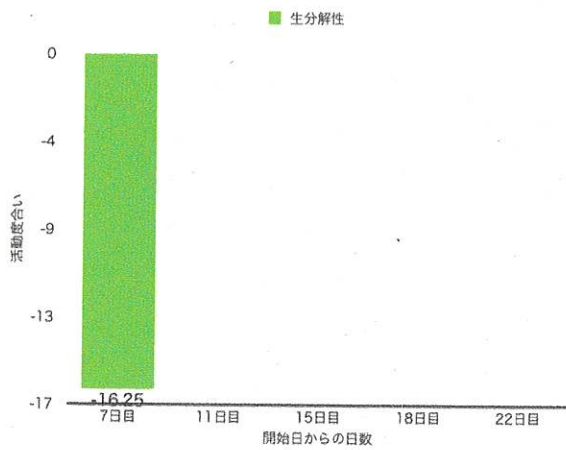
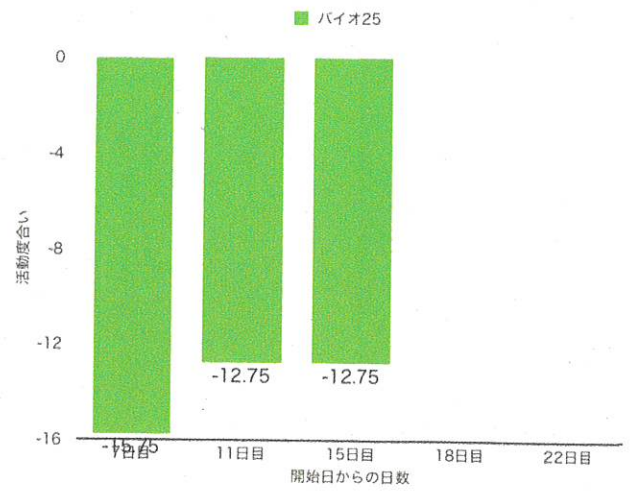
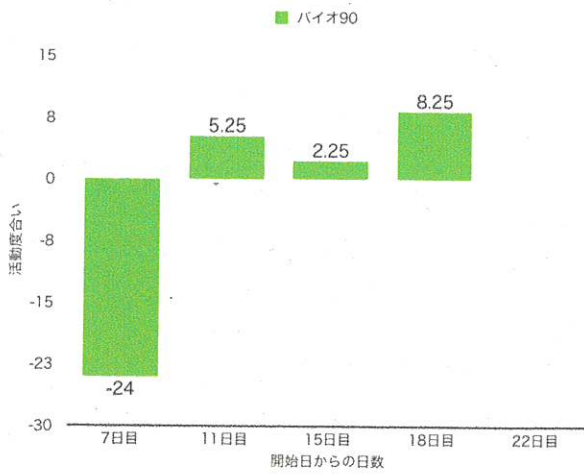
ふすま



石油由来のプラスチック



生物由来のプラスチック



ふすまは活動度合いが徐々に減少した。生物由来のプラスチックのうちバイオ90とバイオ25は石油由来のプラスチックであるポリエチレン、ポリスチレンと比較して、体重が減少するタイミングで活動度合いが活発になる点は同じだが、石油由来のプラスチックよりもバイオ25のほうが、バイオ25よりもバイオ90のほうが活動度合いが活発であったことから生物由来の成分が多く含まれている方が活動度合いは活発になるといえる。一方で同じく生物由来のプラスチックである生分解性プラスチックは実験開始後急速に活動度合いが低下した

5.考察

生物由来のプラスチックを与えた場合と石油由来のプラスチックを与えた場合では、生物由来のプラスチックの方が体重変化が比較的穏やかであり、活動度合いが活発になり、蛹化率が上昇することがわかった。当初の目的である生物由来の方が活動が活発になることを数値的に示すことに成功した。考察として、生物由来の含有量が多いほど活動度合いが活発になり、体重増減が穏やかになると考えられる。また、バイオ25を与えた時に活動度合いの数値は石油由来のプラスチックと大差ないものの、最終的な蛹化率に差が出たことから、生物由来の含有量が多いほどミルワームがプラスチックを消化してエネルギーを得やすくなるのではないかと考えられる。

生分解性プラスチックは、蛹化するスピードに他のプラスチックと比較して顕著に差が見られた。そこで、個体の大きさをバラバラにして5ミルワームを5匹用意し、生分解性プラスチックを与えることで個体差ではなく生分解性プラスチックが関与しているのかどうか確かめる追実験を行った。

その結果、7日目に蛹化準備を行う個体が2匹見られ、十日ほどで全ての個体が蛹化、前蛹となり約20日で全ての個体が蛹化した。蛹となるまでの時間は従来のミルワームよりもやや早い位だが、前蛹となるスピードは、他の個体よりも2週間ほど早かったのは注目すべきところであり、やはり生分解性プラスチックはミルワームの蛹化に影響を与えているのではないかと考察した。

6.今後の課題

生分解性プラスチックがミルワームを早期蛹化させることが考察されたが、生分解性プラスチックのどのような要素が作用しているのか分からないため、生分解性プラスチックを構成する物質を調べ、何が関与しているのか実験したい。また、蛹化に必要な栄養を得るための生物由来の物質の含有量の境目を探る実験もしてみたい。

7.参考文献

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/17/042600162/?ST=m_news

National Geographic プラスチックを食べる虫を発見

<https://repiw.jp/knowledge/how-to/breed-mealworm/>

ミルワームの写真

<https://news.stanford.edu/press/view/31674>

スタンフォード大学の研究

https://engineer.fabcross.jp/archeive/200107_fate-of-hexabromocyclododecane.html

ミルワームが発泡スチロールを分解

<https://matsuyama-h.spec.ed.jp/wysiwyg/file/download/46/10453>

埼玉県松山高等学校の研究

かいわれ大根選別会

1. 要旨

音が植物の成長に与える影響に着目し、成長が早く、栽培しやすいかいわれ大根を用いていくつかの周波数の音を聞かせ、音の有無・周波数の違いによって成長の仕方に違いが見られるか「発芽率」について研究を行った。

「音無し・250Hz・500Hz・750Hz」の4種類の音を聞かせ実験を行った結果、音無しの個体よりも音を聞かせた個体のほうが発芽率がよいという特徴が見られた。また、500Hzを聞かせた個体は発芽率が特に高くなるという結果となった。

本研究で得られた結果から、かいわれ大根の発芽の過程において「音を聞かせることにより発芽が促進される」「500Hzの音は、かいわれ大根を効率よく発芽させる際に有効である」と考察できた。

昨年度、かいわれ大根を用いた植物の成長の過程における音の影響についての研究があった。その研究で「高周波の音は主に茎の成長を促進する」「周期的な音の強弱の変化が発芽及び茎の成長に良い影響を与える」「音を聞かせることで発芽が促進される」「3000Hzの音は、よく成長する個体を選定する際に有効である」という結果が得られた。

昨年度の研究では植物の「成長」について詳しく研究しておられたため、わたしたちは「発芽率」に着目し「音を聞かせることで発芽が促進される」という結果より、発芽率をより向上させるにはどのような周波数の音を聞かせると良いのかを調べることにした。

2. 研究目的

音楽が生命に与える影響についてはこれまでに幾度となく話題になっている。例えば、ワインや日本酒、ビール、味噌などの発酵食品は音楽を聞かせると風味が良くなるという事象、骨折した場所に回復を早めるために超音波を照射する超音波治療法、音楽を聞くことで免疫力や体温などの健康の度合いを測る数値が聞く前より良くなる傾向があると言われていることなど、数多ある。

こういった音楽と生命の関係に興味を持ち、音楽が生命にどのような影響を与えるのかを調べるべく研究を行いたいと考えた。しかし「音楽」には要素が多く適当な実験ができないため、音の周波数に着目しようと考えた。昨年度の研究で植物の成長を促進する周波数があることが明らかになったので、それなら種子の発芽を促進する周波数もあるだろうと予測し、最も発芽率を向上させる周波数を見つけるために実験を行った。

3. 研究方法

材料として実験に使用するかいわれ大根の種子は、条件を揃えるため予め重量を計測しておいた。実験開始当初は昨年先輩方の再現実験を行っていたこともあり、0.0126~0.0150gのグループと0.0151~0.0175gのグループの2つのグループに分けて実験を行っていたが、中間発表までの実験の際、重量の差によって発芽率にも差が生じ、より多くの条件を研究しようと思ったので本実験では0.0121~0.0135gのグループ、0.0136~0.0150gのグループ、0.0151~0.0165gのグループ、0.0166~0.0180gのグループの4種類のグループに分けて実験を行った。

図1は実験装置の仕組みについて作図したものである。脱脂綿を底に敷いたシャーレを4つ設置し、同じ重さの種子を10個ずつ蒔き、それぞれのシャーレに20mlずつ水を与えた。図1は2つのグループで同時に実験を行った場合の図である。

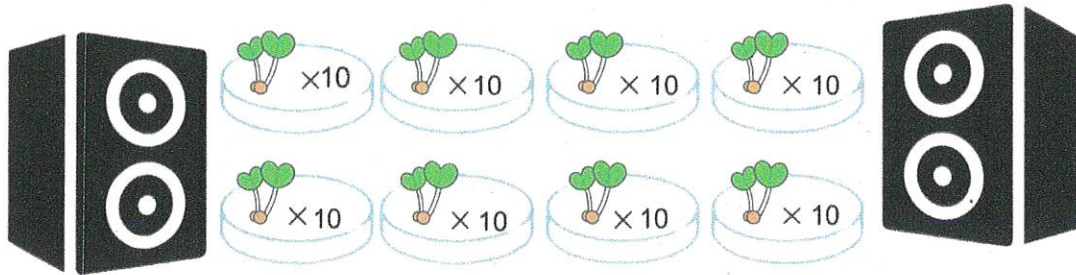


図1 実験装置

上記の実験装置をそれぞれのグループごとに用意し、その両端にスピーカーを1台ずつ設置し「音無し・250Hz・500Hz・750Hz」の音にわけてそれぞれ播種～3日目まで常時音を流し続けた。また今回の研究では、発芽率のみを観察するという目的であったため、光などは照射せずに実験を行った。

研究は以下の①～⑤の手順で行った。

- ① シャーレの底に脱脂綿を敷き、ひとつのシャーレにつき10個の種子を蒔き、20mlずつ水を与えた。
- ② 図1のような実験装置を一定の温度に保たれた暗い場所に置いた。
- ③ スピーカーから「音無し・250Hz・500Hz・750Hz」の音を流した。
- ④ 毎日シャーレの重さを量り、減少した量の水を追加した。
- ⑤ 3日目に発芽率を計測した。

4.結果

発芽率の結果(図2)を見ると「音無し」よりも「250Hz」「500Hz」「750Hz」と音をきかせたかいわれ大根の発芽率が高くなっている。その中でもどの種子の重さのグループにおいても、「250Hz」<「750Hz」<「500Hz」と発芽率が高くなるという結果が得られた。

また、どの周波数の音を聞かせたそれぞれの種子のグループにおいても、種子の重さが重くなればなるほど発芽率が高くなるということがわかる。

発芽率

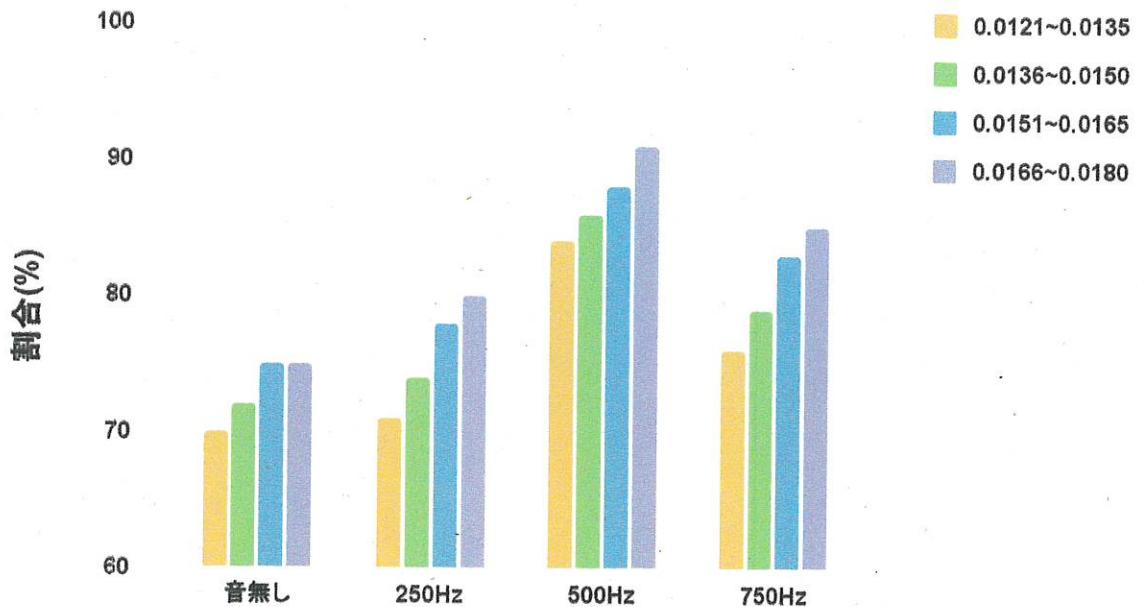


図2 発芽率の結果

5.考察・結論

これらの結果から水や適した気温(本実験では25度に設定したもの)という植物の発芽に必要な最低限の条件に加え、種子の重さは重く、かつ500Hzの周波数の音を聞かせながらかいわれ大根を育てた際に、最も発芽しやすくなるということがわかった。音を聞かせなかったかいわれ大根よりも、音を聞かせて育てたかいわれ大根のほうが発芽率が高かったため、植物の発芽と音は関係があるといえる。

結論として、本研究では、かいわれ大根の発芽時において「音を聞かせることで発芽が促進される」「音の中でも特に、500Hzの周波数の音が発芽に良い影響を与える」という結果が得られた。また重たい種子は、軽い種子と比べて栄養素の含有量が多いため、発芽率が良くなると考えられる。

6.今後の課題

今後の課題としては、音が種子のどこに作用しているのかを究明することや「音の大きさ・音色」などの音の三要素の影響についても調べたい。また、音を聞かせずに育て、3日目に発芽しなかった種子にその後音を聞かせた場合、発芽するようになるのかということも研究したいと考える。

さらに、かいわれ大根以外の植物でも実験を行い、本研究と同様の結果が他の植物にも見られるのか、見られなかった場合にはかいわれ大根とどの条件が異なっているかを調べ、植物全体と音の関係について研究したい。

7.参考文献

○生命にとって「音」とはなにか？ 科学の未踏領域を探究する。「音」を利用して次世代バイオテクノロジーへの挑戦」 生命科学研究科 助教 糸田 昌宏

<https://research.kyoto-u.ac.jp/documentary/d041/>

○音楽が人の免疫力向上に与える影響 音楽で免疫力を高めて病気に負けない身体づくりを 埼玉医科大学短期大学 和合治久 名誉教授https://usen.com/portal/otodesign/study/study_014.html

○植物における音の影響 佐藤優紀

https://www.istage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu/51/3/51_196/_pdf

湿度変化によるリンゴのエチレン発生量

1. 緒言

果実の成熟や落葉の促進にはエチレンが深く関係していることが知られている。本研究では、このことに着目し、エチレンの発生量が多く、感受性が高いリンゴを用いて研究を行った。先行研究によれば、温度が異なる環境下ではリンゴのエチレン発生量も変化し、温度変化とエチレン発生量には相互関係があり、特に25℃での発生量が多いことがわかっている。そこで、私たちは温度変化ではなく湿度の変化がリンゴのエチレン発生量にどう影響を与えるかについて実験を行った。

「低湿度」「中湿度」「高湿度」の3つの湿度の違う環境下で実験を行った結果、中湿度での発生量が少なく、低湿度と高湿度での発生量が多くなった。エチレンとアブシシン酸には相互関係があると仮定すると、気孔の開閉もエチレンの発生に関与している可能性があると考え、次の実験を行った。気孔の開閉は光によって変化するため、「明るい環境」と「暗い環境」の2つの環境を用意し、エチレン発生量がどう変化するのかについて調べた。結果は、低湿度の場合は暗い環境の方が発生量が多くなり、高湿度の場合は明るい環境の方が発生量が多くなった。

これらの実験から、エチレンの発生にはアブシシン酸が関係している可能性があり、低湿度、高湿度のそれぞれで関係の仕方が異なると考えた。低湿度下では、アブシシン酸がエチレンを誘導しており、高湿度下では、反対に、アブシシン酸の不活性化がエチレンを誘導しているのではないかと考察した。

2. 研究目的

リンゴを他の果実と同じ場所に置いておくと、他の果実の成熟が早くなり、腐ることもあるという話を聞いたことがあり、このことについて詳しく調べてみた。調べてみると、リンゴから放出されるエチレンという物質が関わっていることがわかった。エチレンが発生しやすい条件を明らかにし、さらに、もしエチレンの発生量を調節できれば、その技術を応用することで私たちの生活に活かすことができるのではないかと考えた。個人単位だと、買って来た果物を少しでも早く食べたいとき、逆に、少しでも長持ちさせたいときなどに活用することができるのではないかと考えられる。また、農家単位だと、収穫したい果実をリンゴと同じ場所で育てれば早く収穫でき、他の農家と販売時期をずらすことで高値で売ることができるのではないかと考え、本研究では「エチレン発生量」に着目し実験を行った。先行研究では、「リンゴのエチレン発生量」と「温度変化」には相関があり、25℃のときリンゴのエチレン発生が最も促進されることが明らかになっている。そのため、私たちは「リンゴのエチレン発生量」と「温度変化」に相関があるのかどうか、また、相関があるならどの程度の湿度でリンゴのエチレン発生が最も促進されるのかを調べた。

3. 研究方法

実験は以下の手順で行った。

① 防湿庫とプラスチック容器にそれぞれリンゴ(ジョナゴールド)を丸ごと3個ずつ入れた(図1)。

なお、この実験でジョナゴールドを用いたのはリンゴの中でもエチレンの発生量が多いためである。

※ 低湿度と高湿度で計測する時はプラスチック容器、湿度50%程度で計測する時は防湿庫を用いた。

(プラスチック容器では50%程度の湿度を保つことが難しかったため。)

② プラスチック容器で高湿度の実験をする場合は水で中を湿らせ、低湿度で実験をする場合はシリカゲルを入れた。

③ 温湿計とエチレンガス検知管(ガステック)を容器の中に入れた。

④ 休み時間ごとに湿度と温度を記録した。この時、必要に応じてシリカゲルを追加することで湿度を調整した。

⑤ 8時間後時点でのエチレン濃度を計測した。

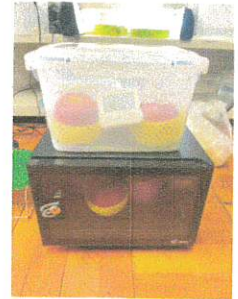


図1 実験装置

先行研究より、リンゴは25℃程度の時に最もよくエチレンを発生することから、この実験では約25℃程度に保たれている実験器具庫の中で実験を行った。

4. 結果・考察

実験1

低湿度・中湿度下、高湿度・中湿度下でのエチレン発生量をそれぞれ比べた。

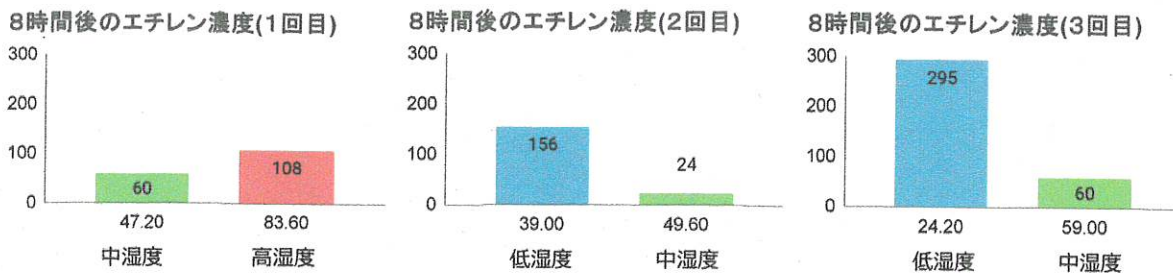


図2 湿度ごとのエチレン濃度

1回目	湿度(%)	温度(°C)
8:00	46 56	11.3 11.6
9:50	47 82	17.5 17.0
11:05	48 90	17.0 17.0
12:20	—	—
14:10	48 95	17.1 17.1
16:00	47 95	16.0 16.1
平均	47 83	15.9 15.7

2回目	湿度(%)	温度(°C)
8:00	41 46	11.8 11.3
9:50	38 47	19.0 17.5
11:05	—	—
12:20	42 49	20.1 20.5
14:10	37 48	20.4 17.1
16:00	37 47	20.0 16.0
平均	39 47	18.2 16.6

3回目	湿度(%)	温度(°C)
8:00	26 51	13.0 13.8
9:50	25 50	20.0 20.0
11:05	22 65	21.6 22.5
12:20	22 69	22.3 20.0
14:10	25 53	22.8 23.1
16:00	26 57	23.1 23.1
平均	24 56	20.5 20.4

図3 休み時間ごとの湿度 [%] と温度 [°C]

図2のグラフより、中湿度下よりも低湿度、高湿度下にある方がリンゴのエチレン発生量は増加した。この実験で湿度変化とエチレン発生量には相関が見られたため、低湿度・中湿度・高湿度下でのエチレンの発生量を比較するために実験2を行った。

実験2

低湿度・中湿度・高湿度下でのエチレン発生量をそれぞれ比べた

8時間後のエチレン濃度

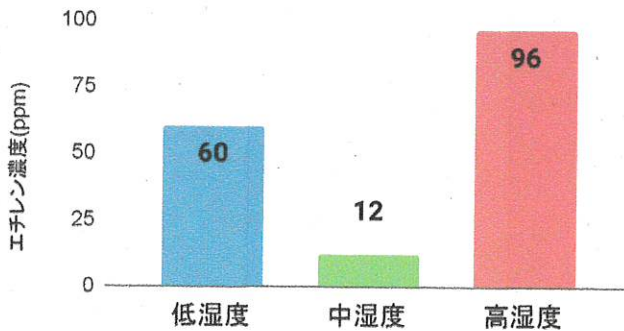


図4 湿度ごとのエチレン濃度

時間	湿度(%)			温度(°C)		
8:00	45	63	90	23.0	22.7	22.0
9:50	34	50	93	23.7	23.7	22.6
11:05	33	49	100	24.3	24.0	23.7
12:20	37	48	100	24.8	24.3	23.5
14:10	34	49	100	24.9	24.6	24.3
16:00	33	49	100	25.0	24.1	24.4
平均	36	51	97	24.3	23.9	23.4

図5 休み時間ごとの湿度 [%] と温度 [°C]

図4のグラフより、エチレン発生量は低湿度、高湿度下で増加し、高湿度のとき最大となった。

実験1、2よりエチレン発生と湿度変化には相関があり、エチレン発生量は低湿度、高湿度下で増加し、高湿度のときにエチレン発生量は最大になることがわかった。気孔を閉じるためにアブシジン酸を発生する低湿度下でエチレン発生量が増加したことから、低湿度下ではアブシジン酸が多い場合にエチレンの発生が促進されるという相互関係があると考えられる。一方、アブシジン酸が不活性化する高湿度下でもエチレン発生量が増加したことから、高湿度下ではアブシジン酸が少ない場合にエチレンの発生が促進されるという相互関係があると考えられる。また、低湿度よりも高湿度でエチレンの発生が促進されていることから、低湿度よりも高湿度の方がエチレンとアブシジン酸の相互関係が強いのではないかと考えられる。

実験1と実験2の考察より、エチレンの発生にはアブシジン酸が関与していると仮定する。また、先行研究よりアブシジン酸は気孔を閉じようとするときに発生し、気孔の開閉は明暗によって左右されることから、明暗の変化もエチレンの発生に影響を及ぼすのではないかと考えた。実験3では、リンゴに当たる光の明るさを変化させることで、気孔の開閉を行い、エチレンの発生量に違いがあるのかについて実験を行った。

実験3

低湿度下で明るい環境と暗い環境においた時のエチレン発生量、高湿度下で明るい環境と暗い環境においた時のエチレン発生量を比べた(高湿度では同様の実験をリンゴ3個と2個でそれぞれ行った)

8時間後のエチレン濃度

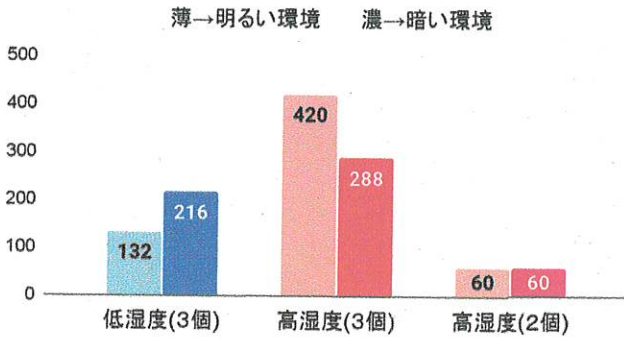


図6 湿度、個数別のエチレン濃度

時間	湿度(%)			温度(°C)		
	薄	濃	薄	濃	薄	濃
8:00	47	66	67	24.8	23.7	24.8
	46	80	53	24.0	22.3	23.3
9:50	49	81	84	24.6	23.4	24.6
	51	92	89	23.8	21.8	23.7
11:05	40	88	89	24.8	23.6	24.9
	47	100	95	23.9	22.1	23.9
12:20	42	95	92	24.8	23.6	25.2
	47	100	100	24.0	22.8	24.1
14:10	45	99	95	24.9	23.7	25.4
	48	100	100	24.0	23.4	24.0
16:00	48	99	97	25.1	23.9	25.7
	47	100	100	24.3	23.4	24.1
平均	45	88	87	24.8	23.6	25.1
	48	100	95	24.0	22.6	23.8

図7 休み時間ごとの湿度 [%] と温度 [°C]

実験2と同様に、低湿度下よりも高湿度下のほうがエチレン発生量が多くなった。また、低湿度下では暗い環境下でエチレン発生量が多くなり、高湿度下では明るい環境下でエチレン発生量が多くなった。リンゴの個数を変えるとエチレン発生量も変化し、リンゴの個数が多いほうがエチレン発生量が多くなった。

アブシシン酸は生育に適さない環境で働くため、暗い環境でアブシシン酸が増えると考えられる。低湿度下ではアブシシン酸が多い暗い環境でエチレンの発生が促進されており、高湿度下ではアブシシン酸が少ない明るい環境でエチレンの発生が促進されている。また、低湿度よりも高湿度の方がエチレン発生量が多い。よって、実験1、2と同様に低湿度下ではアブシシン酸がエチレンの発生を誘導し、高湿度下ではアブシシン酸の不活性化がエチレンの発生を誘導しており、低湿度より高湿度の方がこの相関関係が強いと考えられる。リンゴの個数が2個と3個のときのエチレン発生量を比較すると、3個のときの方がエチレン発生量が多くなっている。このことから、リンゴが発生したエチレン自体がエチレンの発生を誘導しているのではないかと考えられる。

5.まとめ

このことから、実験1,2の結果を踏まえ、湿度変化によるエチレン発生量にもアブシシン酸が関係しているとする、アブシシン酸が多く発生する低湿度の時にエチレンの発生量も多くなるということになる。よって、低湿度下ではアブシシン酸がエチレンを誘導していると考えた。また、アブシシン酸が不活性化する高湿度下でもアブシシン酸が多く発生したことより、高湿度下ではエチレンとアブシシン酸

の相互関係が低湿度とは異なり、アブシジン酸の不活性化がエチレンの発生を誘導しているのではないかと考えた。

また、実験3の結果を見ると、低湿度下では、アブシジン酸が発生する暗い環境下の方が、明るい環境下よりエチレンの発生量が多くなった。逆に高湿度下では、明るい環境下の方が、暗い環境下よりエチレンの発生量が多くなった。このことから、実験1で考えた考察と同様に考えられる。また、リンゴ2個のときよりもリンゴ3個のときのほうがエチレン発生量が多くなったことから、リンゴから発生するエチレン自体がさらにエチレンの発生を促進したのではないかと考えられる。

6. 結論・今後の課題

今回の実験では、「低湿度下、高湿度下でエチレン発生量大きい」、「低湿度下ではアブシジン酸がエチレンを誘導し、高湿度下ではアブシジン酸の不活性化がエチレンの発生を誘導している」、「リンゴから発生したエチレン自体がさらにリンゴのエチレン発生を誘導している」という結論が得られた。

今後の課題としては、エチレンの発生にアブシジン酸が関与していることを明確にするためにアブシジン酸合成阻害酵素を用いて実験することや、リンゴの個数によってエチレン発生量が大きく変わった原因を明らかにすること、温度や湿度を一定に保てるよう工夫することなどが挙げられる。

また、バナナやトマトなどエチレンを発生する他の果実でも実験を行い、エチレンを発生するそれらの植物でも同様の相関が見られるのかを調べたい。

7. 参考文献

浅見忠男/柿本辰男. 2023. 新しい植物ホルモンの科学第3版. 講談社

シロイヌナズナのアブシジン酸による気孔閉鎖に対するエチレンの阻害作用

<http://gakui.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/data/h17/120754/120754a.pdf>

果菜類における果面障害発生機構に関する研究

<https://yamagata.repo.nii.ac.jp/record/2151/files/kiyoua-05-2-121to148.pdf>

アブシジン酸の代謝と受容に関する化学遺伝学的

https://www.istage.jst.go.jp/article/jscrp/51/1/51_16/_pdf

高等植物におけるエチレン生成の生化学

https://www.istage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/31/7/31_7_431/_pdf

アブシジン酸の多様な機能 Various physiological functions of abscisic acid

https://bsj.or.jp/jpn/general/bsj-review/BSJ-Review_13B_53-61.pdf

千葉県立船橋高等学校「温度変化がリンゴのエチレン発生量に与える影響」

https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/reserch/2019/2019_18b1.pdf

8. キーワード

リンゴ エチレン 湿度 アブシジン酸

植物の水質浄化

1. 要旨

私たちは植物の水質浄化能力に着目し、カナダモを用いて様々な条件を変化させて浄化能力にどのような違いが見られるか研究した。浄化能力はCODと水質汚濁の原因物質であるリン酸、アンモニウムイオンの濃度の減少量を比較して浄化能力を判断した。変化させる条件としては「根を抜く」、「CO₂を吹き込む」、「光を当てる時間」を変えた。結果はこの実験では「根を抜く」「CO₂を吹き込む」は浄化能力に違いは見られなかった。「光を当てる時間」では光を全く当てなかったカナダモは浄化をせず、光を当てる長さが長いほど浄化した。

この結果より、「カナダモにおいては根の水質浄化能力は葉に比べて小さい」「光を当てて光合成を促進することが植物の水質浄化能力に有効」ということがわかった。

2. 研究目的

近年、植物による水質浄化は環境への負荷が少なく、生態系が維持されるものとして注目されている。そこで、マサチューセッツ工科大学で行われている木の枝の皮を剥いだものをフィルターとして、水質浄化を行う研究に興味を持ち、植物の水質浄化能力について研究を行いたいと考えた。調べるうちに、植物の道管に水質浄化能力があることを知り、身近にある植物の道管を取

り出して実験を行うことを検討したが、道管のみを取り出すことは難しく、植物が枯れてしまうため、正確なデータを得ることができないと判断した。

植物による水質浄化は効果が小さく、時間もかかるため、植物の水質浄化能力が高くなる条件を探ることを目的として実験を行うことにした。

また、身近でよく目にする、成長が早く、比較的育てやすい沈水植物のカナダモを今回用いて実験を行うことにした。

3. 研究方法

植物による水質浄化が用いられているのが川や湖、池だったので身近にある汚れている水として学校の中庭の池で汲んだ水を実験に使用した。水質浄化が水質汚濁の原因物質であるリン酸態リン、アンモニウム態窒素を水中の濃度がバックテストでそれぞれ1mg/L、2mg/Lとなるようにリン酸2水素カリウムKH₂PO₄、硝酸アンモニウムNH₄NO₃を加えた。

各ビーカー500mlずつに分けラップをかけ、それぞれのビーカーに15cmに切ったカナダモを2本ずつ入れた。

それらを室温25°Cの部屋に①~④の条件を変えて放置した。

1週間後、リン酸態リンとアンモニウム態窒素の濃度とCODをバックテストで測定した。

この実験を2セット行った。

条件と用意したビーカーは以下の通り

手を加えていないカナダモを入れ、日照時間平均6.7時間窓越しの日光を当てたビーカーを基準のビーカーとする。

条件①カナダモの有無…対照実験

基準のビーカー カナダモを入れないビーカー

条件②根を抜く

基準のビーカー 根を完全に抜いたカナダモを入れたビーカー

条件③CO₂を吹き込む

基準のビーカー 基準のビーカーにCO₂をポンペで水中に約6秒吹き込んだビーカー

条件④光を当てる長さ

基準のビーカー 24時間光を当て続けるビーカー 24時間光を当てないビーカー

表1

	①		②		③		④		
カナダモ	+		+	+	+	+	+	+	+
光	日光	日光	日光	日光	日光	日光	日光	暗室	明室
CO ₂				+					
根	+	+	+	+	+		+	+	+

日光とは日照時間平均6.7時間窓越しの日光

明室とは24時間光を当て続けたビーカー

暗室とは24時間光を当てないビーカーを示す



図1 実験の様子

4. 結果

CODはどのビーカーもパックテストで4~6mg/Lの色で実験開始時と7日後で変化しなかった。

リン酸態リンとアンモニウム態窒素の濃度の結果は以下の通り。

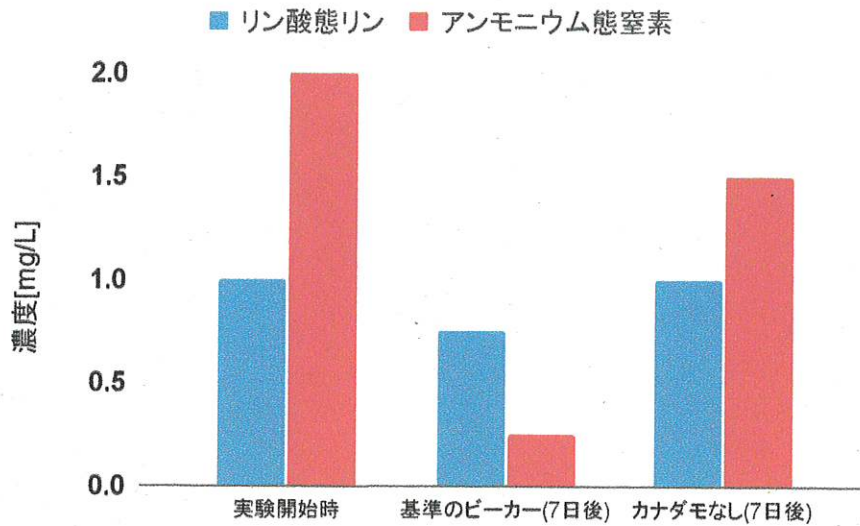


図2条件①「カナダモの有無」

実験開始7日後のカナダモを入れた基準のビーカーと、カナダモなしのビーカーを比べると、基準のビーカーの方がリン酸態リンとアンモニウム態窒素の濃度が共に減少した。

このことから、実験に用いたカナダモには水質浄化能力が確認できた。また、カナダモを入れなくてもアンモニウム態窒素は減少した。

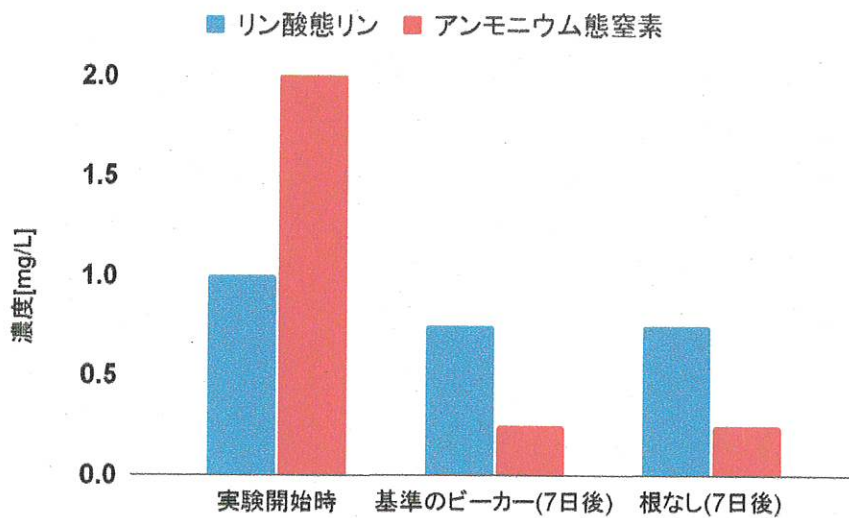


図3条件②「根を抜く」

実験開始7日後の根を抜かなかった基準のビーカーと、根を抜いたビーカーのリン酸態リンとアンモニウム態窒素の濃度の減少量に差は見られなかった。

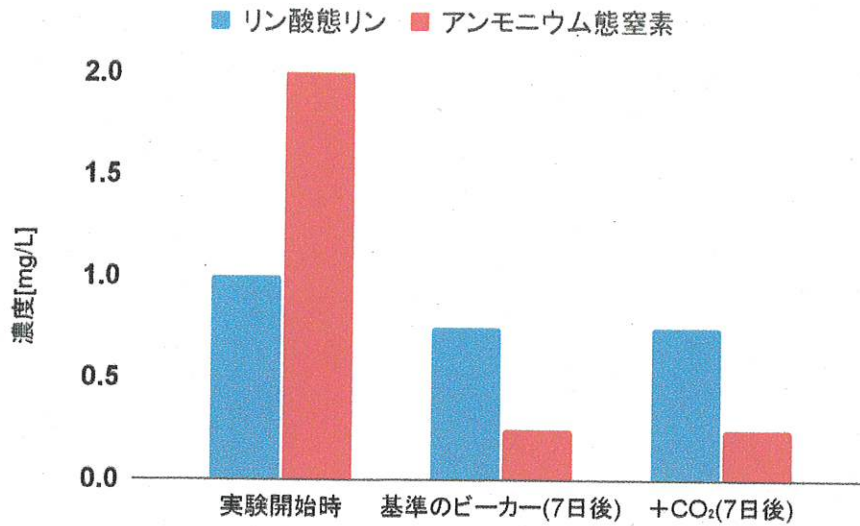


図4条件③「CO₂を吹き込む」

実験開始7日後のCO₂を吹き込まなかった基準のビーカーと、吹き込まなかったビーカーのリン酸態リン、アンモニウム態窒素の減少量に差は見られなかった。

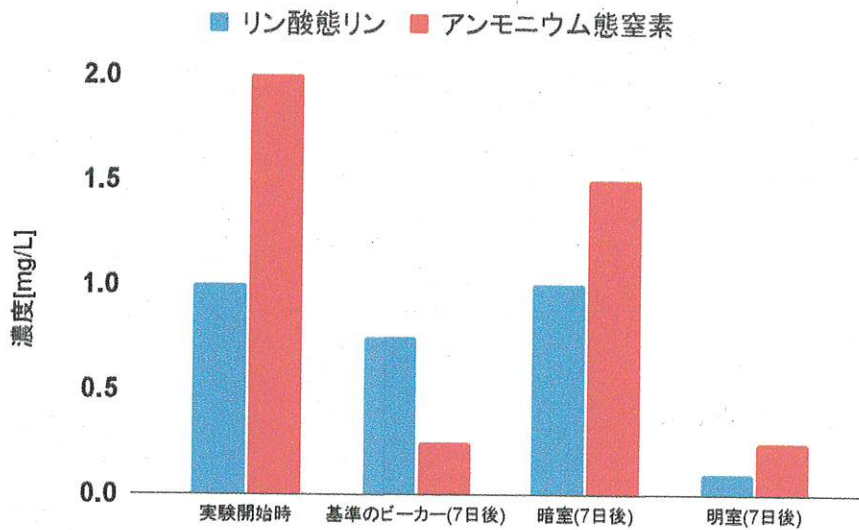


図5条件④「光を当てる長さ」

実験開始7日後の日光を当てた基準のビーカーに比べ、暗室のビーカーはリン酸態リン、アンモニウム態窒素のどちらも濃度の減少量が小さい。
また、明室のビーカーは基準のビーカーに比べアンモニウム態窒素の減少量には差は見られないが、リン酸態リンは減少量が多い。

5. 考察

図3条件②「根を抜く」の結果を見ると、カナダモの根の有無によって浄化能力に差が無いことがわかる。今回実験に用いたカナダモは、沈水植物であり根も葉も水に沈んでいて、葉からも水中の養分を吸収している。そのため、根の水質浄化能力は葉に比べて低いと考えられる。

図5条件④「光を当てる長さ」の結果を見ると、リン酸態リンの減少量は光を当てる長さが長いほど大きい。このことから、リン酸態リンの浄化は光合成を行う時間によるとわかる。また、アンモニウム態窒素は日照時間の光を当てた基準のビーカーと明室のビーカーに差は見られなかったことから日照時間だけでも呼吸に必要な炭水化物を蓄えられ、アンモニウム態窒素の浄化には光を当てる長さは日照時間で十分であるとわかる。さらには、暗室のビーカーは条件①のカナダモを入れなかったビーカーと結果が等しく、呼吸だけでは水質浄化は行われないとわかる。

6. 参考文献

- 植物による水質浄化とは
大阪大学工学部環境・エネルギー工学科
<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/wb/home/database/gainen.htm>
- 沈水植物による水の浄化の教材化
J-STAGE
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsser/14/5/14_KJ00001544189/article-char/ja/
- Engineering and characterization of gymnosperm sapwood toward enabling the design of water filtration devices
Nature Communication
Massachusetts Institute of Technology
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-22055-w>
- 植物（マコモ）を利用した水質浄化における窒素・リンの物質収支
J-STAGE
<http://jlc.jst.go.jp/DN/JALC/00385930855?from=Google>

How the U.S. maintains the largest economy

1. Introduction

I was in the US last year. I lived there and went to a local public school. As you know, the United States has the largest economy in the world. However, I have always wondered how this is possible and how they maintain the economy, and the question was growing bigger as I got to know how Americans live. At the same time, I got some hints to think about this wonder. This report is about my answer to this question.

2. Education

First of all, let's see about the education system. I think it is the base of making the country's economy in the future. When you see the people who seek high level education, they often go to schools in the US. I guess that was why I believed the education there is rigorous and hard like Japan or other Asian countries. The first day of school, I was astonished at many differences. There were few similarities between Japan and the U.S. in education systems. The first thing that surprised me was that I can choose whatever class I want to learn. Of course there are some classes that are required, but other than that, how to choose is up to students. All students also can get advice from their own counselor, so it is not a hard thing even though some students are uncertain about their future. The table below shows my schedule for last year.

Hour	Course Title	Term
1st	Hospitality & Culinary Arts : Experience	Year Long
2nd	Algebra II	Year Long
3rd	Ecology	Semester 1
3rd	Finance Investment	Semester 2
4th	Chemistry	Year Long
5th	PES - Civics	Semester 1
5th	PES - Economics	Semester 2
6th	EL English 3B Reading & Strategy	Year Long

I think you can feel the difference in the purpose of schools as you see this. I felt its purpose in the US is more for their life or jobs, not their exam for college. There are many classes that would be considered electives if those are in Japanese schools. Also, the hours needed to pass those classes are the same for required classes. That means, the schools don't place too much emphasis on those required classes. I think it is the biggest difference. High school students can learn what they want to do in the future, and they can easily become specialists because they can learn specific things from when they are young. Also, the US puts a lot of money into education. I always felt it when I was taking classes. The class I felt the most was chemistry. They have a lot of chemicals and laboratory equipment, so that we can actually run numerous experiments, even those I just watched videos when I learned in Japanese class. That helps students understand easily and deeply.

3. Work-Life Balance

One of the reasons I lived in the US was my father's job. The time before the school year started, I was helping his job at his office. I've also visited the company's office in Japan, but again, it was totally different. Although it is a Japanese company, the people who work there are Americans, so I was able to see how Americans work in their office. First, they come to the office at 9am to 10am, and go home at 3pm to 4pm. They work just 5 or 6 hours and they can make their living. That was the one thing that I was really surprised at. However, I thought that "this is the thing that only the US can do," at that time. They don't need to work like Japanese people because they have both natural and human resources. I think the fact that Americans have great work-life balance helps the economy to do well. Americans have lots of free time and free days, so they are able to spend money on that time such as vacations or shopping.

4. Immigrants

The US is the largest immigrant country. Of course I met so many immigrants at my school. I was in English learners class for my English hour, and I became friends with them. In that class, we share about our background, culture, food, even politics. I texted my friends and I got permission to write here. So I'm going to introduce 3 people and let's see how the US gathers people from all around the world, and what kinds of people tend to come.

My best friend, Nataly, is from Guatemala which is located in Central America. She was born as the second daughter of four sisters. Her family is rich and all of them are able to go to school. However her life seems so harsh when I see pictures or listen to her story. She said her family was not suffering to make a living, but for

me, her life was still hard. She moved to the US alone when she was 13 to help their family. It was not the thing that she decided, but her parents. She said it is common to send a child to the US from each family regardless of their income or quality of living. She got a bus from her country and stayed in a shelter for hispanics. As soon as she had a family who took care of her, she moved to Michigan. She is going to go to college and her dream is to be a pharmacist. After she gets a job, she is going to help her family by sending money.

Mustafa is from Sudan. He moved to the US a year ago to escape from a war. He said that the chances of getting a place to live abroad is extremely low in his country. However his parents and older sister are doctors, so he was able to get a green card. He speaks English so well even though he didn't go to school when he was in Sudan. Once, I asked him why he can do that, and he said that it is normal in African countries to study and to get entertainment in English. He uses English in daily life. That was a big surprise for me. I also met some exchange students from developed countries, but they (including me) tend to suffer to develop their English skills more than other students who moved to the US because of poverty or war.

Last person is Yein from South Korea. She moved to the US because of academic reasons. As everyone knows, South Korea has a really hard system to get into universities. Because of this, it is hard to give everyone a chance to get a good education. It also happens in India or other Asian countries. By contrast, the US has enough chances. By having enough seats, US universities are able to get intelligent students from all over the world. She came with her sister and both are going to go to college and find a job.

As you can see, those three people selected the US as their basis. They found some points that are better than in their own countries. Also, the other common fact that all of them have is that they are rich or smart in their country. Of course not all immigrants, but most of them are so as long as I see the people there. If it is not only such people, all of the people who are suffering or are at risk of personal danger are going to the US to seek a better life. Some Americans hate to accept immigrants because they have the possibility of losing their jobs. But at the same time, they are always able to have new perspectives. That is also the reason that the US can keep the largest economy.

5. Resources

I wrote four paragraphs before this but I believe that having resources is the biggest reason and the way how the US maintains the largest economy in the world. The US has both enough natural resources and human resources. Resources affect a country's economy a lot. If you see the countries in west Asia, many countries make their country's profits by exporting fossil fuel. The US also makes profit in that way. Americans use energy abundantly. They use air conditioners or heaters for around a year, and decorate their houses with light. I guess that is because they

don't have a concern with depletion of natural resources. I think that it is a problem but that shows the US has enough natural resources. The US also has human resources. The US has citizens who have got a high level of education and immigrants who have the ability to work with new perspectives. That would create a good synergistic effect.

6. Conclusion

The answers I got for the first question are a lot. However, each of them cannot be excluded and they are essential to make the largest economy in the world. I don't think those are all, so I want to think about this question more, and I hope I can think about the Japanese economy based on those perspectives.