

課題研究 I 第6テーマの成果報告

— 一般教育科理科選択者の取り組み —

松尾 明洋・高田 凜太郎*・上村 和奏*・後藤 圭太*・古川 実也*
古賀 みのり*・入口 綾香*・江口 友埜*・木村 諭利*・建山 元希*
藤木 希安*・山本 菜月*・吉永 葵*・森田 恵一

<令和6年1月9日受理>

Report on the results of theme 6 of Exercises on Engineering I

— Report on the results of students who chose science in the Department of General Education —

MATSUO Akihiro・TAKATA Rintaro・UEMURA Wakana・GOTO Keita・FURUKAWA Miya
KOGA Minori・IRIGUCHI Ayaka・EGUCHI Tomoya・KIMURA Satori・TATEYAMA Motoki
FUJIKI Noa・YAMAMOTO Natsuki・YOSHINAGA Aoi・MORITA Keiichi

Exercises on Engineering I in 2023 was conducted. Students worked individually or in groups to come up with a theme on their own and work on that theme. Some students worked on established experimental methods, while others came up with various ideas and drew conclusions as they proceeded with the experiment. Here, we report on the results of students who worked on the science theme of the Department of General Education.

I はじめに

有明高専では、平成30年度より2年生の前期に課題研究 I を開講している¹⁾。専門コース教員10名、一般教育科教員7名が担当し、令和5年度の一般教育科の理科分野は、教員1名で担当した。例年、第1回の授業で全員に各テーマの紹介を行い、2回目の授業から担当教員の下でいろいろと取り組むことになる。一般教育科理科分野では、「スプラウトを育てるとどのようになるだろうか」、「化学全般の実験」をテーマとして学生を募集した。全員が第一希望ではなかったが理科に興味がある学生が来てくれていると思い、2つのテーマ以外でもいいということで学生自身にテーマを設定させたところ、提供したテーマを選んだ学生はおらず、最終的に6テーマを行うこととなった。結果が分かっているものがほとんどであるが、実験を進めながらいろいろと次の方法を考えたりしながら短い時間内に形があるものができあがったので、記録として残すことにした。また授業でも本格的に実験をやっている学年でもなく、短い時間での実験だったので精度的には不十分ではあるが、以下に学生の報告を記す。

II それぞれのテーマ報告

1. 時計反応 (上村・藤木)

1.1 時計反応について²⁾

ヨウ素酸カリウムと亜硫酸水素ナトリウムの酸化反応を利用したものが良く知られている。ヨウ素酸カリウム水溶液中のヨウ素が還元されヨウ素 I_2 となり、このヨウ素が亜硫酸水素ナトリウム水溶液に溶かしてあるデンプンとヨウ素デンプン反応を起こし、無色透明の水溶液が濃い青紫色に突然変色する反応である。変色するまでの時間は水溶液の濃度に依存しており、濃度を変えることで変色するまでの時間が変わるため、時計反応と呼ばれる。

1.2 実験目的

動画で時計反応の実験を見たことがあり、本当に突然色が変わるのか確認することと、その原理を調べることをこのテーマの目的とした。この反応はヨウ素酸カリウムと亜硫酸ナトリウムとの酸化還元反応を利用し、生じた I_2 とデンプンのヨウ素-デンプン反応で、反応の終点を見極めることがわかった。この実験では、硫酸水素ナトリウムではなく亜硫酸ナトリウムでも同様の現象がみられるとのことで、亜硫酸ナトリウムを用いることにした。

* 有明高専創造工学科学生

1.3 器具・薬品

ビーカー (200 mL, 300 mL, 500 mL), 50 mL メスシリンダー, 温度計, ストップウォッチ, マグネチックスターラー, 洗浄瓶, かくはん子, ガラス棒, かくはん子取り出し棒, 葉さじ, ヨウ素酸カリウム, 亜硫酸ナトリウム, 水溶性デンプン, 1 mol/L 硫酸

1.4 実験方法

(1) A 液の作成

ヨウ素酸カリウム 2.4 g を水 300 mL に溶かした。

(2) B 液の作成

デンプン 1.5 g, 亜硫酸ナトリウム 0.6 g, 1 mol/L 硫酸 5 mL を水に溶かして 500 mL とした。

(3) 反応時間の測定

- ① B 液の濃度は一定, A 液の濃度を変えて測定した。A 液を 200 mL ビーカーに入れ, マグネチックスターラーの上に乗せて, かくはん子を入れ, 攪拌した。
- ② ①で準備した A 液に B 液を混合し, 変色するまでの時間を測定した。
- ③ A 液の濃度を変え, ①, ②の操作を繰り返した。
- ④ A 液の濃度を一定とし, B 液の濃度を変えて, 同様に①～③の操作を繰り返した。

1.5 結果と考察

A 液と水の体積をそれぞれ, V mL, V' mL とする。 $V + V' = 50$ mL とすることで, 濃度の異なる A 液を作り, B 液の体積はすべて 50 mL とすることで, A 液の濃度依存を調べた。その結果を表 1 に示す。反応時間は, 3 回測定した時間の平均値である。

表 1 A 液の濃度依存による反応速度

A 液 (mL)	水 (mL)	B 液 (mL)	反応時間 (秒)
50	0	50	3.68
40	10	50	5.20
30	20	50	7.02
20	30	50	11.75
10	40	50	27.23
5	45	50	84.58

A 液の濃度が減少するにつれて反応時間が長くなっており, A 液の濃度と反応時間はほぼ反比例の関係になった。

同様に, B 液の濃度を変えて測定した結果を表 2 に示す。

A 液の濃度と反応時間がほぼ反比例の関係であったのに対し, B 液の濃度と反応時間は, B 液の濃度の 2 乗とほぼ反比例の関係になった。

A 液も B 液も濃度を同じように変化させて混合したので, 同じような結果になるものと予想していたが, 異なる結果が得られたので, それについて考察

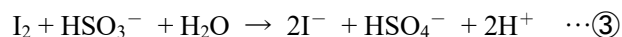
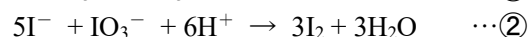
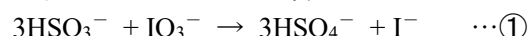
表 2 B 液の濃度依存による反応速度

A 液 (mL)	B 液 (mL)	水 (mL)	反応時間 (秒)
50	50	0	3.68
50	40	10	6.54
50	30	20	10.46
50	20	30	23.04
50	10	40	252.46

してみた。まず, この反応の化学反応式は,



のように表され, この反応は次のような反応が連鎖的に行われていることが分かった³⁾。



ここで, Na_2SO_3 は加水分解によって HSO_3^- を生じる。①式は HSO_3^- (還元剤) と IO_3^- (酸化剤) による酸化還元反応を示している。①で生じた I^- は, IO_3^- により酸化され I_2 となる (②式)。この I_2 は HSO_3^- により還元され I^- に戻る (③式)。 HSO_3^- が消費されてしまうと②式で反応が終わり, ここで生じた I_2 がデンプンとヨウ素デンプン反応を起こし, 無色透明の溶液が, 瞬間的に濃い青色に変化する。

反応速度と濃度の関係は反比例の関係にあるこ

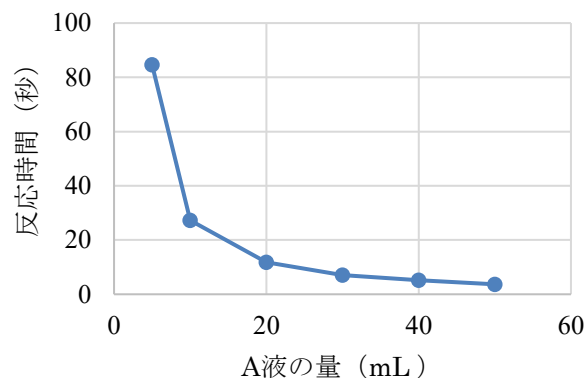


図 1 A 液の量と反応速度の関係

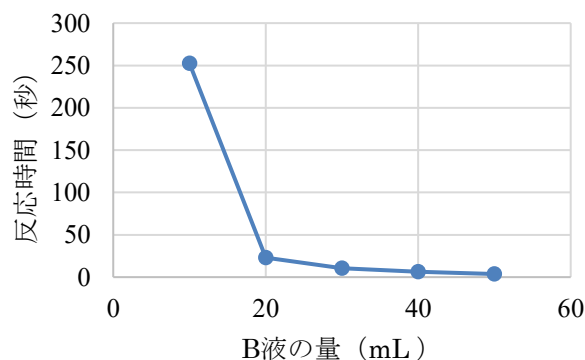


図 2 B 液の量と反応速度の関係

とが分かっている。①式より、 KIO_3 (A 液) が少なくなると Na_2SO_3 を酸化するのに時間がかかり、さらに②式より、 I^- を I_2 に変える反応にも時間がかかるようになる。それに対し Na_2SO_3 (B 液) が少なくなると、①、③式の反応が遅くなるので、これらが重なり合って、A 液を減らしたときに比べて B 液を減らした方の反応がさらに時間がかかっていると思われる。化学反応式の係数を見ても、 KIO_3 と Na_2SO_3 の係数の比は 2:5 なので、反応速度を v 、反応速度定数を k とすると、 $v=k[\text{KIO}_3][\text{Na}_2\text{SO}_3]^2$ になると考えた。

実際に詳しく調べるためには、濃度をきちんと決めた溶液で再現性を確かめ、 $v=k[\text{KIO}_3][\text{Na}_2\text{SO}_3]^2$ になるかどうかの検証が必要である。

2. 薬品・加熱によるアルマイト生成と抵抗値測定 (高田・江口・木村)

2.1 はじめに

アルマイトは、やかん、鍋などの台所用品、アルミサッシのような建材、半導体部品など様々なところに使われており、アルミニウムを陽極で電解処理して人工的に酸化被膜を生成させる表面処理法および生成した酸化被膜のことをいう。

アルミニウムは錆びにくい金属ではあるが、他の金属と同様、自然と酸化し表面に生成した酸化膜は、機械的あるいは化学的な影響で損傷した時には腐食が進む。それに対し、この処理によって作られた酸化膜はアルミニウムの表面を保護するため、アルミニウムが腐食しにくくなったり、傷が付きにくくなったりする。

アルマイト処理にはいくつかの方法があるが、希硫酸やシュウ酸溶液にアルミニウムを電極として電気分解する方法が一般的である。アルマイトは自然にできた酸化膜と比べて耐久性の高い膜であり、絶縁性もあることに我々は興味を持った。そこで、異なる方法で処理したアルミニウム板の抵抗値を測定し、どの方法がアルマイトを効率よく作ることができるか調べることを目的として、実験を進めた。

2.2 準備したもの

100 mL, 200 mL ビーカー, スタンド, 直流電源装置, アルミニウム板, 銅板, 0.2 mol/L の硫酸, 濃硝酸, 紙やすり

2.3 実験方法

実験は次の3方法で行った。

(1) 希硫酸を使った電気分解

200 mL ビーカーに 0.2 mol/L の硫酸を入れ、陰極

に銅、陽極にアルミニウムをセットし、12 V で電流を流した。

(2) 濃硝酸に浸す方法

いわゆる不動態を作る方法で、100 mL ビーカーに濃硝酸を入れ、アルミニウムを浸した。

(3) ガスバーナーで加熱する方法

単純に酸化させる方法で、ガスバーナーの炎でアルミニウムを1分加熱後冷却し抵抗値を測定、さらに追加で1分加熱後冷却し抵抗値を測定し、5分まで繰り返した。

それぞれの処理において、電気分解、浸漬時間、加熱時間の違いで、電気抵抗に差が出るか測定した。

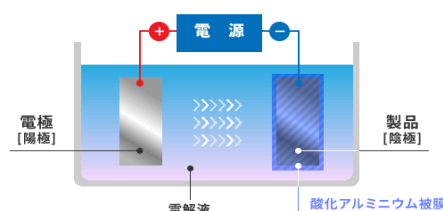


図3 電解によるアルマイト処理⁴⁾



図4 濃硝酸に浸している様子



図5 ガスバーナーで加熱している様子

2.3 結果と考察

硫酸での電気分解、硝酸ともに実験時間が長いほど電気抵抗が大きくなると予想した。硫酸での電気分解および濃硝酸に浸したとき、30分より45分浸した方の抵抗が大きくなったが、抵抗値にばらつきが

多く、正確なデータを得られなかった。

加熱による方法では、ばらつきはあるものの、加熱時間を長くすると抵抗値が大きくなる傾向が得られた。その結果を図 6（時間による抵抗値の変化）に示す。形や大きさの異なるアルミニウム片を使い、14パターン測定を行った。横軸は加熱時間（分）、縦軸は抵抗値（ Ω ）である。図 6 より、全体的に加熱時間が長いほど抵抗値が上がっているのがわかる。

図 7 は、図 6 の抵抗値の平均をとってグラフ化したものである。このグラフからわかるのは、加熱時間が1分から2分の増加より2分から6分の増加が大きいことである。つまりアルマイトを生成する場合、2分以上加熱するほうが効率的との結論に達した。また、2分から6分のグラフを延長すると、原点を通る直線を引くことができ、加熱をしない状態ではアルマイトは生成されていないことを説明できる。しかし、1分から2分の間の線を延長すると、加熱しなくても抵抗値が1 Ω 付近で縦軸と交わるので、加熱前のアルミニウムの表面には、紙やすりで研磨したときの摩擦熱程度ですでにアルマイトが生成されていることが考えられる。

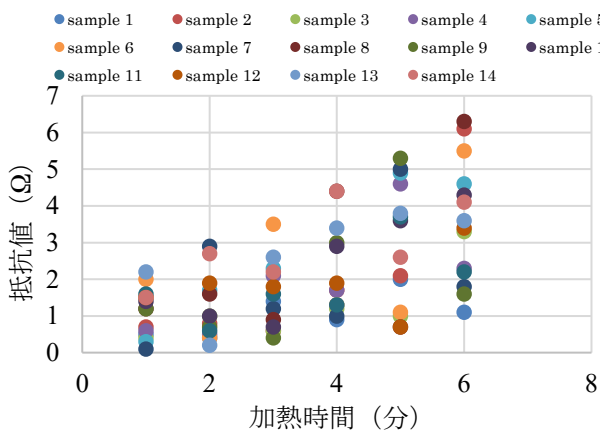


図 6 ガスバーナーでの加熱時間と抵抗値の関係

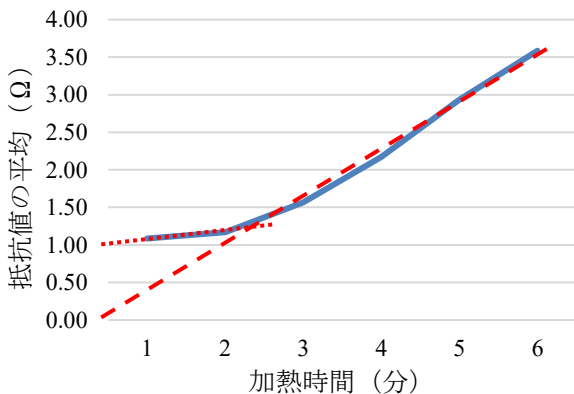


図 7 ガスバーナーでの加熱時間と抵抗値の平均の関係

3. 葉脈標本の作製（後藤・建山）

3.1 葉脈標本とは

葉についている葉肉をアルカリなどで除去し葉脈だけを残した標本のことで、スケルトンリーフとも呼ばれる。葉脈標本を作製するにあたり、どのような葉が標本作製に適しているかを探るために、場所、大きさ、硬さなどが異なる葉を校内で採した。

3.2 準備したもの

1L ビーカー、水酸化ナトリウム、歯ブラシ、ガスバーナー、校内で採取した樹木の葉



図 8 採取した葉の一例（右側からあおぎり、不明、キンモクセイ、ケヤキ、ケヤキ、山芋）

3.2 作製手順

- (1) 1 L ビーカーに濃度が 10 %の水酸化ナトリウム水溶液を約 400 mL 調整し、校内で採取してきた木の葉を浸して、ガスバーナーで 30 分加熱した。
- (2) 加熱をやめ、木の葉をビーカーから取り出し、水槽にためておいた水で冷却、洗浄を行った。洗浄した葉を取り出し、歯ブラシで軽く葉を擦り、葉肉を剥がし取った後、流水で葉肉を洗い流し、葉を乾燥した。

3.3 結果と考察

キンモクセイの葉は硬くてしっかりしているので、きれいな葉脈標本ができるだろうと予想していたが、30 分程度の加熱時間では葉肉がうまく剥がれなかった。一方、柔らかい葉は 30 分程度の加熱でも葉脈が柔らかくなりすぎて、葉脈を残すことができなかった。それに対し、手頃な硬さの葉がうまくできた。

このように、葉脈標本としてうまくできなかったのは硬い葉か柔らかい葉であったので、きれいな標本を作るためには、硬い葉は長く加熱し、柔ら



図 9 キンモクセイの例



図10 不明の葉の例

図11 うまくできた例

かい葉は加熱時間を短くする方がうまくいくだろうと考えた。適切な加熱時間は、葉の種類によって異なるので、加熱時間の設定が課題として残った。

4. バッタの跳躍力 (山本)

4.1 目的

バッタ (トノサマバッタ, キリギリス等) の幼虫の跳躍力を調べ、考察することを目的とした。

4.2 観察に使ったバッタの条件

- (1) バッタ目に分類されている昆虫
- (2) 翅が成長していない幼虫
- (3) 大きさ (上から見て頭部から尻尾の先まで) が 40 mm 以下
- (4) 有明高専の敷地内に生息しているものを条件として調べた。

ここで、幼虫を選んだ理由は、飛距離ではなく跳躍力を調べるためだからである。



図12 トノサマバッタの幼虫

4.3 観察結果と考察

何匹か調べた中で、よく飛んだトノサマバッタベスト3は以下ようになった。

第3位 被検体 G トノサマバッタ 35 mm

跳躍距離 ①43cm ②57cm ③50cm 平均 50cm

第2位 被検体 F トノサマバッタ 29 mm

跳躍距離 ①54cm ②59cm ③45cm 平均 52.6cm

第1位 被検体 H トノサマバッタ 40 mm

跳躍距離 ①60cm ②58cm ③66cm 平均 61.3 cm

表3 大きさの違いによるバッタの跳躍距離

種類 大きさ	~19 mm	20 mm ~29 mm	30 mm ~40 mm
トノサマ バッタ	16 cm	43 cm	50.6 cm
キリギリス	33.8 cm	45 cm	—

表3に、トノサマバッタとキリギリスの大きさの違いによる跳躍距離の平均値を示す。キリギリスの幼虫で 30 mm 以上の大きさのものが見つからなかったが、30 mm 以下の同じぐらいの大きさで比較すると、キリギリスの方がよく飛ぶことが分かった。この跳躍距離の違いは何か、トノサマバッタとキリギリスの違いから、検討してみることにした。

キリギリスとトノサマバッタの見た目の違いは、触覚の長ささと足の長さである。

・触覚の長さ

キリギリスは夜行性であり、周囲の状況を認知するのに視覚より触覚を使うことが多い。

・足の長さ

キリギリスの方が後脚が長い。

見た目の違いでは、トノサマバッタよりもキリギリスの後脚の長さがジャンプに適しており、このことがトノサマバッタよりキリギリスの方がジャンプ力に優れていると考えた。もっとたくさんの個体で調べてみたかったが、梅雨の時期で雨が多く、またバッタを探していた場所の草刈りが行われ、これ以上調べることができなかった。そこで、同じ種類でも色の違うバッタについて調べてみた。図13は、生息環境によるバッタの体色の違いを調べてまとめたものである。

バッタは羽化直後には茶色や黒色の個体種はおらず、数時間後に個体群密度が低い環境下では緑のまま、個体群密度が高い環境下では茶色または黒色に変化する⁹⁾。成長している段階でも個体群密度が高い環境下では茶色・黒色に変化し、個体群密度が低い環境下では緑色に変化する。



図13 生息環境によるバッタの体色の違い

色の異なるバッタの違いは以下のとおりである。
緑色のバッタ【孤独相】

- ・一匹のみで生活
- ・後ろ脚が長い
- ・飛び跳ねて移動

茶色・黒色のバッタ【群生相】

- ・群れで生活
- ・後ろ脚が短い
- ・遠くまで飛んで移動



図14 (a) 孤独相のトノサマバッタ⁶⁾
 (b) 群生相のトノサマバッタ⁶⁾

これらのことから、緑色のバッタは跳躍力を得るために後ろ脚が長くなり、茶色・黒色のバッタは翅を使って遠くまで飛んで移動できるため、後脚が長い必要はないことも分かった。さらに、群生相のバッタは郊外に多く、穀物があるところを集団で移動して回るので、体色が緑色である必要がないことも分かった。

今回調べたバッタはすべて緑色だったので、孤独相の特徴を持っており、草の色に紛れている個体であることも分かった。

4.4 まとめ

キリギリスとトノサマバッタの幼虫では脚の長さがや太さが違うため、キリギリスの跳躍力の方が高いが、生活している場所や周囲の天敵の数で結果は変わるかもしれないことが分かった。昆虫は地球上でもっとも発展している生物であると言われていたので、昆虫の進化はすごいことも感じ取ることができた。

5. アントシアニン ～アサガオの色の変化～ (入口)

5.1 アントシアニンとは

アントシアニンとアサガオの花の関係について調べた。アントシアニンとは、植物が紫外線などの有害な光から身を守るために蓄えられる青紫色の天然色素である。ポリフェノール、植物が持つ苦みや渋みの成分の一種で、紫キャベツ、ナス、紫芋、青系の花やブルーベリーなどに多く含まれている。



図15 同じアサガオの花弁
 (左：先始め、右：咲き終わり)

アントシアニンは液性によって色が変わるので、同じ色のアサガオでも図 15 のように咲き始めと咲き終わりで花の色が異なっているのは、花弁の液性が関係しているのではないかと思い、調べてみた。

5.2 実験内容

- (1) 鉢にアサガオの種を蒔いて、花が咲くまで育てた。
- (2) アントシアニンの含まれている部分(アサガオの花弁、ブルーベリーの皮)をよくつぶした。
- (3) pH (0, 4, 7, 10, 14) の水溶液を調整した。
- (4) (2) で作ったアントシアニンの溶液を試験管にとり、(3) を入れて振り、色を観察した。

5.3 結果と考察

図 15 から、アサガオの同じ花弁でも、咲き始めと咲き終わりでは明らかに色が異なっていることが分かる。

図 16 にブルーベリーの結果、図 17 にアサガオの結果を示す。いずれも左側から順に、pH=0, 4, 7, 10, 14 の水溶液を滴下したものである。

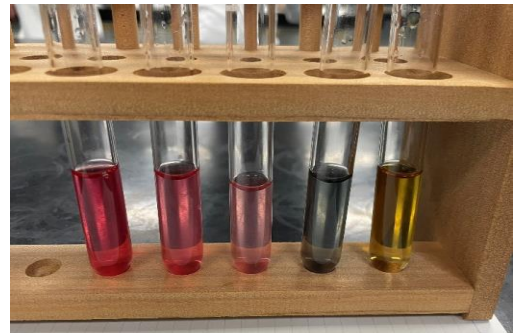


図16 液性によるブルーベリーの色素の色の变化



図17 液性によるアサガオの色素の色の变化

これらから分かるように、ブルーベリーよりもアサガオの方が鮮やかな色の変化を示した。色に違いがあるのは、ブルーベリーとアサガオに含まれるアントシアニンの種類が異なるからである。図 18 に、ブルーベリーに含まれるアントシアニンの組成を示す。ブルーベリーには数種類のアントシアニンが含まれている⁷⁾。それに対し、アサガオのアントシ

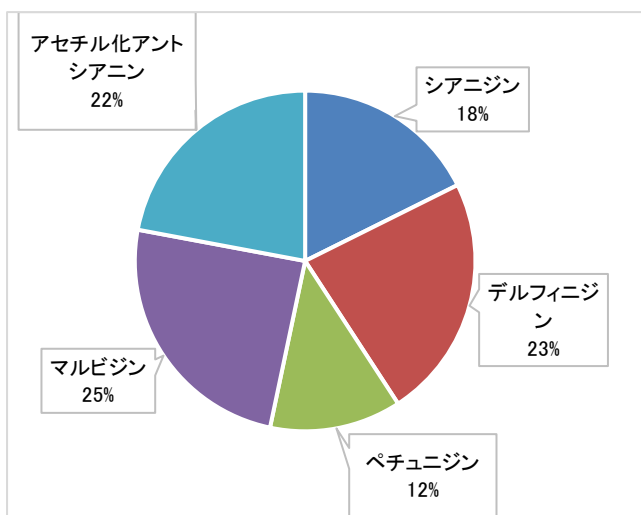


図18 ブルーベリーに含まれるアントシアニンの組成

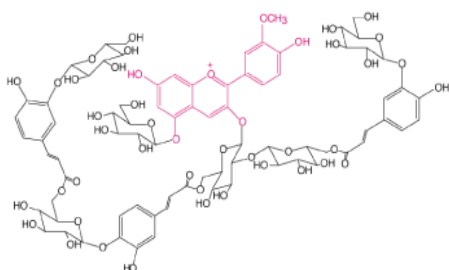


図19 ヘブンリーブルー・アントシアニンの構造⁸⁾

アニンとはヘブンリーブルー・アントシアニンである。ヘブンリーブルー・アントシアニンの構造式を図19に示す⁸⁾。図18から分かるように、ブルーベリーには5種類のアントシアニンが含まれているので、酸性付近において、アサガオと比べ色が鮮やかに変化しなかったと考えた。

図19の赤色で示した部分がアントシアニンの基本構造であり、その周辺に結合している黒い部分が色を特徴づけている。アサガオの花の色は、朝と夕方では色が変わっているものがあるが、青色系の花の方が赤色系の花に比べて、色の変化が分かりやすい。この色の変化は時間によって決まるのではなく、花の咲き始めから咲き終わりになるにつれて、細胞内のpHが下がる現象が起きているため⁸⁾、図15のように咲き始めではアルカリ性色、咲き終わりでは酸性色になる。さらに、アントシアニンを作る遺伝子が一つでも欠損すると白いアサガオになり、白いアサガオは種も白っぽく、茎の色も赤っぽい色でもなく、もともとアントシアニンを持たないので、花卉のpHが変化しても色の変化は見られない。

このように、アサガオの花の色を決めているのはアサガオのアントシアニンを作る遺伝子欠損の有無および細胞内のpHであることも分かった。

6. 光の色と植物の成長の関係 (古川・古賀・吉永)

6.1 目的

植物は生育に特定の波長領域の光を必要としていることはよく知られている。そこで、「植物に当てる光の波長の違いが、植物の生育に影響を与えるのか」、「影響がある場合どのような違いがあるのか」ということを明らかにすることを目的として、実験を行った。

具体的には、様々な色の光の違いが、かいわれ大根の質量、葉・茎の様子等にどのような生育の違いが見られるかという点に着目して実験を進めた。

6.2 分光方法

まず、どのようにして特定の波長領域の光を得るかが問題だったが、同時期に開講されている工学基礎III (Lコース担当)の授業の、人間が認識できる光は物体が吸収する光の補色の光が反射したものであるということを思い出した。図20は12色相環で、対角にある色がそれぞれの補色を表している。このことから、カラーセロハンを用いると、白色光を簡単に分光できると考えた。つまり、セロハンの色が反射される光であり、その補色がセロハンを透過した光ということである。例えば



図20 12色相環

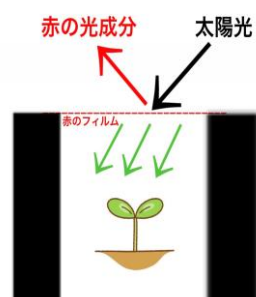


図21 透過光と反射光

図21のように、緑色の光を照射したければ、赤のセロハンを用いるとよいということである。

6.3 実験内容の概略

かいわれ大根を照射する光の条件を変えて育て、生育したかいわれ大根の見目の違い (葉の色の濃淡)、茎の長さの測定、光合成色素の抽出⁹⁾を行い、比較を行った。

6.4 準備したもの

かいわれ大根の種、プラコップ、脱脂綿、段ボール箱 (A4 コピー用紙用)、カラーセロハン (赤、緑、黄、青)、すり鉢、すりこ木、アセトン、ジエチルエーテル、お茶パック (茶こしフィルター)、試験管、簡易分光計、LED ライト、スマートフォン

6.5 実験内容

6.5.1.1 実験方法 (1 回目)

- (1) 透明のプラコップに、脱脂綿 1 枚をそのまま入れた。
- (2) 脱脂綿が軽く湿る程度の水を入れた。
- (3) 脱脂綿の上に、かいわれ大根の種 0.75 g をまいた。
- (4) 発芽するまで光が当たらない暗い場所に置いた。
- (5) 発芽するまでの間に、段ボール箱を縦・横 21 cm、高さ 27 cm に加工し、6 個用意した。1 個は完全に遮光できるように加工し、残りの 4 個には色の異なる (赤, 青, 緑, 黄) セロハンを貼り、最後の 1 個は白色光照射のため何も貼らなかった。
- (6) (4) のプラコップに (5) で加工した段ボールをかぶせ、上からドラフトチャンバーの蛍光灯 (20 W) の光を終日照射した。
- (7) 1 日ごとに生育の様子を観察した。
- (8) 種まきから約 1 週間後、見た目の違いを比較した。

6.5.1.2 生育の様子 (1 回目)

図 22～図 24 に、発芽後光を照射してからの生育の様子を示す。

図 22 は、左側から赤, 青, 緑, 黄のセロハンの透過光を照射したもの、蛍光灯の光を直接照射したもの、直射日光を照射したもの、遮光したものである。図の説明の色は、セロハンの色を示している。図 22 と図 23 は緑と黄の順が逆転しているが、撮影時の置き間違いで意味はない。



図22 種まきから5日後(蛍光灯下で1日後. 左側から, 赤, 青, 緑, 黄, 蛍光灯(ふた無しの箱), 直射日光(箱無), 遮光)



図23 種まきから7日後(蛍光灯下で3日後. 左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 蛍光灯(ふた無しの箱), 直射日光(箱無), 遮光)

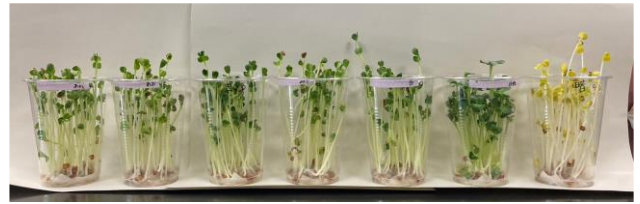


図24 種まきから9日後(蛍光灯下で5日後. 左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 蛍光灯(ふた無しの箱), 直射日光(箱無), 遮光)

図 24 から、直射日光に当てたものは背丈が低く、葉の色も濃く、遮光したものは背丈が高く、葉の色が白いことが分かる。他のものについては大きな差はみられないが、青色と緑色のセロハンを透過した光を当てたものの方が、全体的に背丈が高いように見えた。

6.5.1.3 考察 (1 回目)

生育の様子の結果から、次の点の改善が必要であることが分かった。

- (1) 蛍光灯下で実験を行ったこと
→ 蛍光灯では日光に比べて光が弱く、それぞれの生育の差が出にくかった。
- (2) 脱脂綿が薄かったこと
→ 脱脂綿が薄かったため、根が育ちにくかった。
- (3) 水の量が一定でなかったこと
→ 水の量が一定ではなかったため、対照実験になっていなかった可能性がある。
- (4) 段ボールの高さが高かったこと
→ 段ボールが高かったため、箱の中の植物に光が当たりにくかった。

以上の点を踏まえ、直射日光の下で実験を行うことにした。

6.5.2.1 実験方法 (2 回目)

- (1) 透明のプラコップに、2 枚の脱脂綿を 4 等分に裂き入れた。
- (2) 脱脂綿が軽く湿る程度の水を入れた。
- (3) 脱脂綿の上に、かいわれ大根の種 0.75 g をまいた。
- (4) 発芽するまで光が当たらない暗い場所においた。
- (5) 段ボールの高さを 15 cm として、(4) のプラコップにかぶせ、日光に当てた。
- (6) 1 日ごとに成長の様子を観察した。
- (7) 種まきから約 1 週間後、見た目の違いを比較した。
- (8) かいわれ大根の葉をすり鉢ですりつぶし、アセトンを加えさらにすりつぶし、お茶パックでろ過した。

(9) (8) のろ液にジエチルエーテルを加え、エーテル層を試験管に移し、LED ライトを当て発色を観察した⁹⁾。

6.5.2.2 生育の様子（2回目）

1 回目の種まきが5月中旬だったのに対し、2 回目は5月下旬であったため、気温が高く生育が早かった。種まきから6日以降はほとんど様子は変わらなかった。



図25 種まきから5日後(日光下で1日後.左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 直射日光(ふた無し), 直射日光(箱無), 遮光)



図26 種まきから7日後(日光下で3日後. 左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 直射日光(ふた無し), 直射日光(箱無), 遮光)



図27 種まきから8日後(日光下で4日後. 左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 直射日光(ふた無し), 直射日光(箱無), 遮光)

かいわれ大根のクロロフィルの抽出液に LED ライトで光を照射したときの発光の様子を図 28 に示す。写真では遮光したものだけが色が薄く見えるが、直射日光を照射したものが一番発色しており、定性的に、日光>黄>緑>赤>青>遮光の順であった。

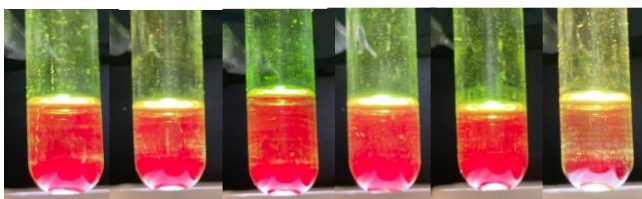


図28 クロロフィル抽出液にLED光を照射した様子. 左側から, 赤, 青, 黄, 緑, 直射日光, 遮光.

6.5.2.3 考察（2回目）

直射日光を照射したものが生育に必要な全ての波長の光を含んでいるので、葉の色は濃く、茎も太く、どれよりも生育が良かった。一方、遮光したものは光が当たらないので、葉は白く、茎は細長かった。これらのことから、光の波長の違いで、良く生育しているものは直射日光を照射したものに近く、あまり生育できなかったものは遮光したものに近い感じになると考えた。

図 27 より、全体的に背丈の低いものから順に、直射日光>黄>緑>青>赤>遮光、図 28 より発色の良いものから順に、直射日光>黄>緑>赤>青>遮光であり、青色と赤色のセロハンの透過光を照射したものについては順番が逆転しているが、黄色と緑色のセロハンの透過光を照射したものについては同じ結果となった。図 28 の発色は、クロロフィルのアンテナ色素によるものであるので、発色が強いものほど、クロロフィルが葉の中に豊富に存在していることを意味している。

図 29 は、簡易分光器を使って LED ライトの光を直接分光したもの、アセトン、ジエチルエーテルを通して分光したもののスペクトルである。図 30 は、アセトンとエーテルを用いてかいわれ大根の葉から抽出した色素を通した LED ライトのスペクトルである。これから分かるように、図 30 では青色の光が消失していることは、抽出された色素が青色の光を吸収していることを意味する。一方、図 28 で

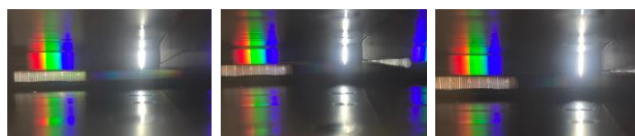


図29 簡易分光器で分光したLEDライトのスペクトル (左側から, ブランク, アセトン, エーテル)

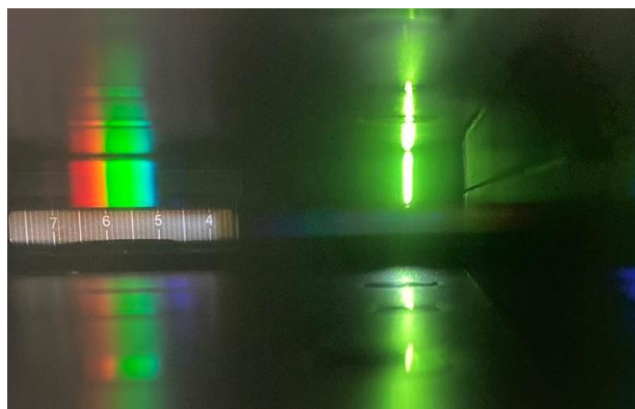


図30 簡易分光器で分光した光合成抽出色素溶液を通したLEDライトのスペクトル

は、LED ライトを照射すると赤色に発光する。これは、アンテナ色素から放出された光である。アンテナ色素は光合成の時に光を集め濃縮し、反応中心の色素に渡す働きをしている¹⁰⁾。この時アンテナ色素は光エネルギーを化学エネルギーに変換しているが、励起状態にあるアンテナ色素が緩和されて基底状態に戻るときに赤色の光を放出しているために、赤く見える。つまり図 28 と図 30 の違いは、発光スペクトルか吸収スペクトルかということである。

最後に、葉の状態、茎の長さについてさらに確認してみることにした。

6.5.3.1 実験方法 (3 回目)

- (1) 実験方法 2 回目と同じ方法で、かいわれ大根を生育させた。
- (2) それぞれの条件で生育させたかいわれ大根の葉の様子を観察した。
- (3) それぞれの条件で生育させたかいわれ大根の茎の長さを比較した。

6.5.3.2 結果と考察

図 31 は、波長の異なる光を照射して生育したかいわれ大根の葉の様子である。写真内の色は、使用したセロハンの色を示す。

葉の大きさ、色の濃さともに、日光>黄>緑>赤>青>暗(遮光)となった。

それに対して茎の長さの平均は、緑:5.02 cm<黄:5.28 cm<赤:5.31 cm<日光:5.36 cm<青:5.79 cm<遮光:6.50 cm となった。

図 32 は、かいわれ大根の葉の断面の顕微鏡写真である。光合成が盛んに行われているほど柵状組織が発達¹¹⁾し、葉も、日光>黄>緑>赤>青>暗(遮光)の順に厚くなると予想したが、日光>暗(遮光)>緑>黄>赤>青の順であった。意外だったのは光を照射していないかいわれ大根の葉が 2 番目に厚かったことである。遮光された葉は緑色ではないので



図31 照射された光の違いによるかいわれ大根の葉の様子。

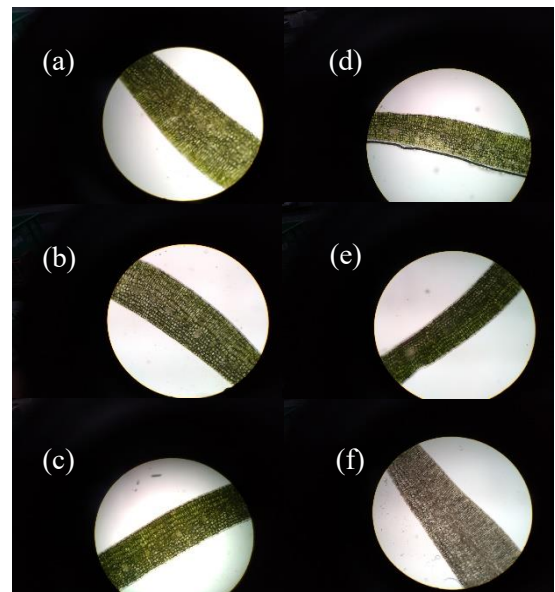


図32 かいわれ大根の葉の断面の顕微鏡写真
 (a)直射日光, (b)緑, (c)黄,
 (d)赤, (e)青, (f)遮光

葉緑体が発達しておらず、他のものと比べて組織もはっきりしていない。また、発芽したばかりの子葉の状態(図 32)からほとんど変わっていないので、数日間光を照射したものと違いが生じたものと思われる。図 32 の結果としては、今回の一連の観察結果を支持するものであることが言える。

6.5.3.3 まとめ

今回の実験で分かったことをまとめると、次のようになった。

表 4 かいわれ大根の観察結果

実験内容	結果
見た目の違いの比較 (葉の色の濃淡)	日光>黄>緑>赤>青>暗
光合成色素の抽出による光合成色素の量	日光>黄>緑>赤>青>暗
茎の長さ	暗>青>日光>赤>黄>緑
葉の厚さ	日光>暗>緑>黄>赤>青

※色はセロハンの色、日光は直射日光を照射、暗は遮光したものである。直射日光を照射したものと遮光したものを除くと、生育の良かった順に、黄(緑)>緑(黄)>赤>青であることがいえる。このことから、実際に照射されている光の色は、セロハンの色の補色となり、紫>赤>緑>橙の順番で、これらの波長領域の光を使って光合成を行っているとの結論に達した。これらの結果は、種子植物に含まれるクロロフィルaとクロロフィルbの吸収波長と一致¹²⁾したので、セロハンを使った簡単な実験で、光の波長によって植物の生育に違いが出ることを調べることができた。

III アンケート結果

課題研究 I の最後の授業は、台風のためリモートで実施した。対面で成果発表の予定だった資料を共有し、各テーマの発表後、相互評価を行った。設問は、

- (1) 課題の選定はどうでしたか？
- (2) 発表はどうでしたか？
- (3) 資料（パワポ、レジメ等）の作り方はどうでしたか？

とした。結果を図33～図38に示す。

全員が自分たちでテーマを考え、試行錯誤しながら結果を導き結果にたどり着く取り組みだったので、回答の選択肢は、「ふつう」以上とした。お互いで多少の気づきはあるかもしれないが、すべてのテーマにおいて良好な回答が得られた。

課題研究は、自分自身でテーマを考え取り組むという点では、学生実験とも異なり、学生も戸惑いを感じたものと思われるが、自己評価として下記の設問に答えてもらった。

- (1) よく頑張った

- (2) あまり頑張らなかった（頑張れなかった）
- (3) 面白かった
- (4) 面白くなかった
- (5) 他の人のテーマが面白そうだった
- (6) もっと調べてみたいことが出て来た
- (7) もう充分である
- (8) その他

結果を図39に示す。ほとんどの学生が、よく頑張った、面白かったと回答しており、他のテーマに興味を示してもっと調べてみたいことが出て来たという気持ちの学生も多かった。

自由記述については、

- ・課題研究の授業では、自分たちが疑問に思ったことについて時間が許す限り調査することができる環境だったので、とても充実し楽しい授業でした！
- ・今回、課題研究という授業で化学のテーマを自分で考え実際に実験をしたことで、化学を身近に感じられたのでよかったです。

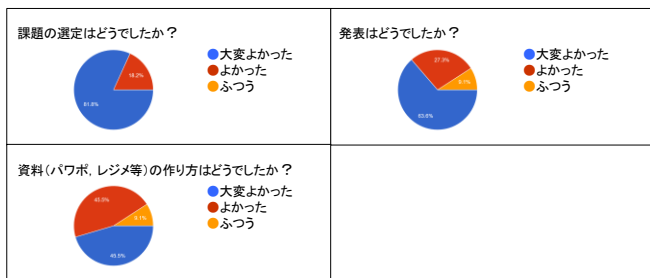


図33 時計反応（上村，藤木）

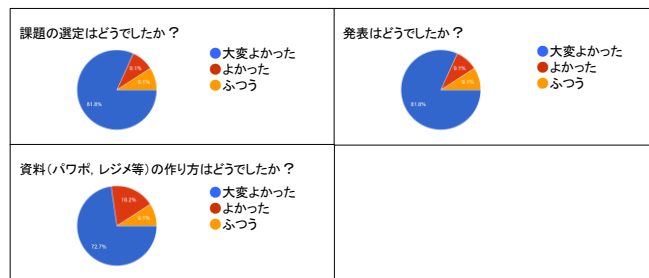


図36 バッタの跳躍力（山本）

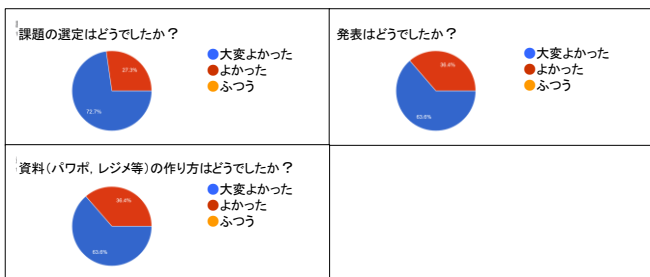


図34 薬品，加熱によるアルマイトの生成と抵抗値測定（高田，江口，木村）

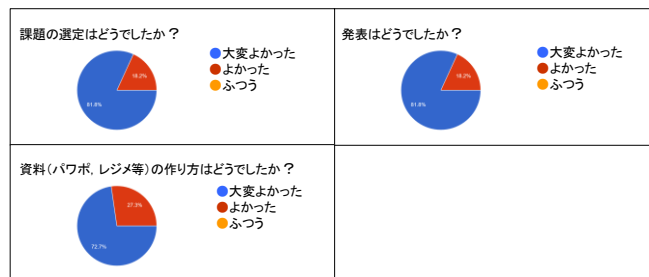


図37 アントシアニン～アサガオの色の変化～（入口）

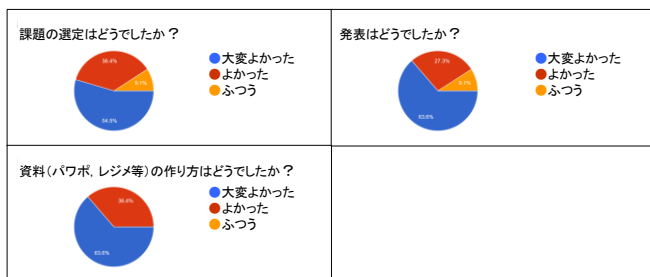


図35 葉脈標本の作製（後藤，建山）

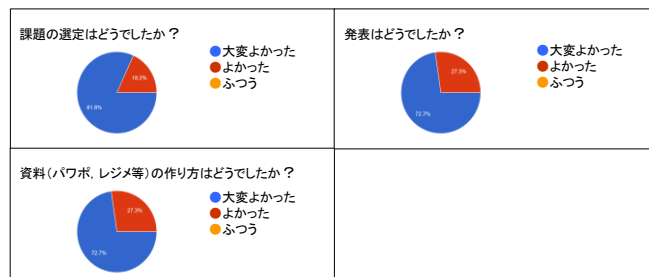


図38 光の色と植物の成長の関係（古賀，古川，吉永）

当てはまるものすべてをチェックしてください。

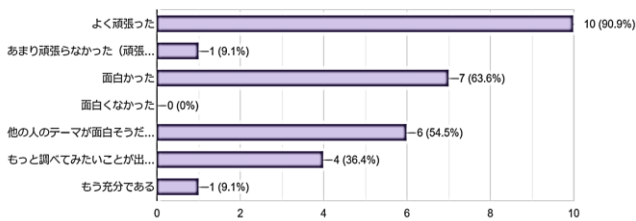


図39 学生の取り組みの様子（自己評価）

- ・バッタの色についてのところで、ザリガニみたいに食べるもので変わるのか気になりました。
- ・自分が調べたい内容について調べ、意欲的に参加することができたのでよかったと思いました。
- ・前期で時間をかけて一つのテーマを詳しく調べることは今まで出来なかったもので、とても良い経験になりました。かいわれ大根を育てるにあたって、条件を変えたりより成長するためにどうすれば良いか考えたりするのがとても楽しかったです。また、パワポ作りはどうやったら見やすくわかりやすく伝えられるか話し合いながら時間をかけて作ったので、達成感がありました。他の人の発表も分かりやすく、知らないことをたくさん知れてよかったです。

のようにほとんどが良好な意見だった。

今年度、一般教育科理科のテーマには第四希望までいたが（1名は未回答）、全員が化学や生物を得意としているわけでもなく、自分で興味があること、できる範囲のテーマを見つけて、全員が協力し合い率先して実験や観察を行っていた。アサガオとかいわれ大根の実験は毎日の水やり、状況によっては土・日の観察も必要な時もあったが、自主的に登校して授業以外の時間でも頑張っていた。自由記述のアンケートからも、積極的な取り組みがうかがえた。

IV. 最後に

シラバス¹³⁾には、課題研究Ⅰの理想的な到達レベルの目安に、

- ・研究活動に主体的・積極的に取り組める。
- ・教員の助言を受けながら、研究課題に関して思考することができる。
- ・教員の助言を受けながら、取り組みに関する成果をまとめることができる。

と記してある。標準的な到達レベルでは、「教員の指示に従いながら」とあるので、学生の取り組みを見る限り、理想的な到達レベルに達していた。すでに研究がなされ答えが分かっているものでも、学生にとっては未知の世界でもあり、分からないことが出てくると

インターネットを駆使して情報収集を行い、新たな発見に喜びを感じていたようである。

90分、15コマでどの程度のことができるだろうか心配していたが、通常の座学では見せない学生の一面を見ることができた半年であった。課題研究を経験の一つとして、今後に役立ててもらいたいものである。

謝辞

これらの実験を進めて行くにあたり、技術部の中島正寛氏にはアルマイトの実験でご協力いただきました。環境生命コースの富永伸明先生、石川元人先生には、かいわれ大根の実験において光の影響や色素抽出についてのアドバイスをいただきました。学生たちの新たなアイデアのきっかけとなりました。ありがとうございました。

参考文献

- 1) 竹内 伯夫 他, 有明工業高等専門学校紀要 2020, 56, 37.
- 2) 基礎実験講座：化学分野 「時計反応」 - 福岡県立鞍手高等学校 <http://kurate.fku.ed.jp/html/2021/09/22/post-6180/> 2023年12月22日閲覧
- 3) 有明高専一般教育科・化学, 一般化学実験手引書 2022, p.29.
- 4) 株式会社三和鍍金, アルマイト処理 | 事業内容 | 各種表面処理, <https://sanwamekki.com/business/alumite/>, 2023年12月26日閲覧
- 5) バッタ専門図鑑, バッタの色の違い！茶色と緑色があるのは?, <https://xn--5ckh2b.biz/archives/104>, 2023年12月26日閲覧
- 6) 東京動物園協会 東京ずーネット, 黒と緑, そして白化型ー3種の色のトノサマバタ, https://www.tokyo-zoo.net/topic/topics_detail?link_num=25708, 2023年12月26日閲覧
- 7) Oregon Cherry Growers - blog <https://oregoncherry.jp/news/2020/09/anthocyanin-composition-in-various-berries/>, 2023年12月27日閲覧
- 8) 日本植物学会, 【第3回】色違いの花はどうしてできる? - アサガオの多彩な花色を決める遺伝子- < 一般向け情報, <https://bsj.or.jp/jpn/general/research/03.php>, 2023年12月27日閲覧
- 9) 有明高専 工学基礎Ⅲ (Lコース担当) 授業プリント
- 10) 光合成の教室, <http://www.photosynthesis.jp/shikiso.html>, 2024年1月5日閲覧.
- 11) 嶋田正和 他 監修, 新課程 フォトサイエンス 生物図録, 数研出版株式会社, 2023年1月10日発行, p.68.
- 12) 嶋田正和 他 監修, 新課程 フォトサイエンス 生物図録, 数研出版株式会社, 2023年1月10日発行, p.60-p.61.
- 13) 令和5年度 有明工業高等専門学校シラバス