



# 第63回日本植物生理学会年会特別企画 高校生生物研究発表会



プログラム・要旨集

2022年3月24日(木) オンライン開催

主催 第63回日本植物生理学会年会委員会

## 年会特別企画「高校生生物研究発表会」

主催：第63回日本植物生理学会年会委員会

会期：2021年3月24日（木）13:00-17:00

（コメント欄を用いた質疑応答は3月22日-3月24日）

会場：オンライン開催

<https://jspp.org/annualmeeting/63/>

次代を担う中学生・高校生の皆さんに日頃の研究成果を発表してもらおうとともに、植物科学や生命科学全般により一層の興味と関心をもってもらうことを目的に、恒例となった「高校生生物研究発表会」を、本年会でも特別企画として開催します。ぜひ本企画に参加し、議論を通じて積極的に交流して下さるようお願いいたします。また、優れた研究発表は、優秀賞等として表彰いたします。

年会ウェブサイトQ会場にポスターと要旨を掲載します。また年会ウェブサイトから要旨集やプログラム集もダウンロードしていただけます。

### ◆ 高校生ポスター閲覧とコメント欄を使用した質疑応答

日時：年会1日目 3月22日（火）9:30 から 年会3日目 3月24日（木）13:00 まで

会場：Q

ウェブ要旨集（ORSAM portal）に掲載されたポスターを閲覧し、コメント欄を使用して適時質疑応答を行います。

### ◆ 高校生ポスター発表・交流会および表彰式

日時：年会3日目 3月24日（木）13:00-17:00

会場：Q（ポスターからリンクされたZoom ミーティングルーム）

13:00-14:30 ポスター発表・前半（ポスター説明・質疑応答）・交流

14:30-16:00 ポスター発表・後半（ポスター説明・質疑応答）・交流

### 発表する方へ

年会期間（3月22日午前9時～3月24日16時）を通じて、ウェブ要旨集（ORSAM portal）に掲載されたポスターの閲覧とコメント欄を用いた質疑応答を行います。コメント欄を適時チェックして質問にご回答ください。3日目（3月24日）の午後には、Zoom ミーティングを使用した発表・交流を行っていただきます。Zoom ミーティング内に各ポスターの番号を割り振ったブレイクアウトルームを設定します。

・前半（奇数番号）Zoom ミーティング発表：3月24日（木）13時～14時30分

・後半（偶数番号）Zoom ミーティング発表：3月24日（木）14時30分～16時

上記時間にポスター会場（Q会場）「Zoom」からZoom ミーティングに入り、ご自分のポスター番号のブレイクアウトルームに入室して発表・討論を行って下さい。Zoom によるポスター発表では、WEB 要旨集（ORSAM portal）掲載ポスター以外のファイル（パワーポイントファイルなど）を画面共有でご使用いただいても結構です

### 視聴する方へ

事前に参加登録を済ませた高校生生物研究発表会参加者は、高校生発表だけでなく年会のシンポジウム・一般発表も視聴していただけます。ウェブ要旨集（ORSAM portal）から各セッションに参加してください。

ウェブ要旨集（ORSAM portal）コメント欄を用いた質疑応答

・年会ウェブサイトのウェブ要旨集（ORSAM portal）にログインし、各セッションに参加して下さい。

・全ての演題（一般発表ポスター、一般発表口頭、シンポジウムなど）にコメント欄があります。年会期間中、コメント欄を使用して質疑応答を行っていただけます。質問への返信が行われたときに通知を受け取ることもできます。

口頭発表（一般発表・シンポジウム）

・口頭発表はZoom ウェビナーで行います。参加希望のセッションや演題名の「Zoom」をクリックすると、Zoom ウェビナーの「出席者」として参加していただけます。出席者（視聴者）の音声や映像は流れません。

・各セッションの開始30分前までにZoom ウェビナーを開始する予定です。

・質疑応答はZoom ウェビナーの「Q&A」機能と「挙手」機能を用いて行います。質問やコメントをQ&Aに投稿してください（どの発表に対する質問・コメントかわかるように発表番号も記載してください）。座長がピックアップして代読し、発表

者が回答します。「挙手」による質問・コメントは座長が認めた場合のみ受け付けられます。座長から指名され発言権を付与されましたら、マイクをONにして質問をしてください。

- ・セッション終了後にQ&Aの記録をウェブ要旨集(ORSAM portal)に掲載します。
- ・セッション終了の約10分後にZoomウェビナーを閉じます。セッションに対応した休憩室(SpatialChat)を設置しますので、セッション後のディスカッションなどは休憩室に移動して行って下さい。

ポスター発表(一般発表)

- ・年会期間中全てのポスターPDFの閲覧とコメント欄を使用した質疑応答を行っていただけます。
- ・3日目(3月24日)の午後には、Zoomミーティングを使用したポスター発表・討論が行われます。ポスター会場(P会場)からZoomミーティングに参加し、各ポスターのブレイクアウトルームに入室して討論を行ってください。

※Zoomによるポスター発表は、発表者が希望した場合に行われます。

高校生ポスター発表

- ・年会期間中全ての高校生発表ポスターPDFの閲覧とコメント欄を使用した質疑応答を行っていただけます。質問への返信が行われたときに通知を受け取ることもできます。
- ・3日目(3月24日)の午後には、Zoomミーティングを使用した高校生ポスター発表・交流が行われます。高校生ポスター会場(Q会場)からZoomミーティングに参加し、各ポスターのブレイクアウトルームに入室して討論・交流を行ってください。

## 情報セキュリティ

本年会に参加するにあたり、種々のパスワードやURLを第三者に伝えないこと、発表画面を録画・撮影しないこと、年会で知り得た未発表の結果を発信しないことに同意していただいています。また、発表者におかれましては、本年会で発表するにあたり、通常の集会形式よりも録画や撮影の危険性が増すことをご理解いただき、未発表の結果の取り扱いに注意して発表していただくことに同意していただいています。年会委員会は、参加者の守秘義務への同意のもと、ウェビナーの録画機能停止やポスターファイルのダウンロード不可設定などの対応を行うとともに、参加者が発表の録画や撮影をしないよう最大限の注意喚起を行います。

## 参加者・発表者へのご案内

### 1) オンライン開催について

- ・つくば年会はオンラインで開催します。参加登録IDとパスワード(3月上旬に年会事務局からお知らせします)で年会ウェブサイトのウェブ要旨集(ORSAM portal)にログインしてください。ログイン後、全てのセッションに参加していただけます。ミキサー、休憩室もご利用いただけます。
- ・年会の最新情報は年会ウェブサイト(<https://jspp.org/annualmeeting/63/>)をご覧ください。

### 2) 要旨閲覧および要旨集PDFについて

- ・参加者はウェブ要旨集(ORSAM portal)で全ての要旨を閲覧することができます。

## 年会ロゴについて

つくば年会のロゴは、つくばのもつ近未来的なイメージを象徴するつくば市のマスコット“フックン船長”とつくばの象徴である紫峰“筑波山”、筑波山地域ジオパークの一つとなっている“筑波梅林の梅の花”を組み合わせて筑波大学の王寧先生と学生の李佳蔚さんにデザインしていただきました。

ロゴデザイン 王寧, 李佳蔚 「未来と自然の調和した都市つくば」

科学技術都市でありながら豊かな自然に恵まれたつくばを情景に、研究の更なる発展への願いを込めたデザイン。

## 年会中の連絡方法

3月21日(年会前日)~24日(年会3日目)のご連絡やお問い合わせは、e-mail(鈴木石根・小野道之 [plantphys@gfest.tsukuba.ac.jp](mailto:plantphys@gfest.tsukuba.ac.jp))にお願いします。緊急連絡は年会ウェブサイトおよびウェブ要旨集(ORSAM portal)に掲載の電話番号にお願いします。

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
A		光合成				光合成						
B		植物生物間相互作用B				植物生物間相互作用B						
C		膜交通				オルガネラ/細胞骨格						
D		一次代謝				一次代謝						
E		生殖成長				生殖成長						
F		光受容体/光応答				光受容体/光応答						
G		環境応答B				環境応答B						
H		転写・転写後/翻訳・翻訳後制御				転写・転写後/翻訳・翻訳後制御						
X					ランチョン セミナー ライカマイクロシステムズ 株式会社							
Y		シンポジウム S01 ゲノムと新技術が磨くバイオリソース				シンポジウム S03 植物RNA分子生物学の最先端 ～配列・構造・機能～						
Z		シンポジウム S02 環境の不規則な経時変動に対する ステージゲート応答			PCP 特別企画	シンポジウム S04 動植物と建築におけるセンサーと アクチュエータ						
P		ポスター閲覧・質疑応答										
Q		高校生ポスター閲覧・質疑応答										
その他					NBRP 利用相談							

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	光合成					光合成					
B	植物生物間相互作用A					システム生物学					
C	オルガネラ/細胞骨格					オルガネラ/細胞骨格					
D	二次(特化)代謝					二次(特化)代謝					
E	植物ホルモン/シグナル伝達物質					植物ホルモン/シグナル伝達物質					
F	花成/時計					花成/時計					
G	環境応答C					環境応答C					
H	栄養成長					栄養成長					
X					ランチョン セミナー オリンパス 株式会社				授賞式・贈呈式 および受賞講演		
Y	シンポジウム S05 Toward understanding the unique features of plant stem cells					シンポジウム S06 寄生・共生・防御・感染を制御する 化学シグナル					
Z					男女共同 参画 ランチョン セミナー	シンポジウム S07 見たい、知りたい、操作したい、 植物と微生物の超個体					
P	ポスター閲覧・質疑応答										
Q	高校生ポスター閲覧・質疑応答										
その他					NBRP 利用相談					懇親会 年会ウェブサイト SpatialChat (18:30-20:30)	

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	光合成の環境応答										
B	生体膜・イオン・物質輸送										
C	細胞壁										
D	新技術開発										
E	エビジェネティック制御										
F											
G	環境応答A										
H	栄養成長										
X				ランチョン セミナー イルミナ 株式会社							
Y											
Z	データベース講習会										
P	ポスター閲覧・質疑応答				ポスター発表 Zoomミーティング発表						
					前半 (PF)	後半 (PL)					
Q	高校生ポスター閲覧・質疑応答				高校生ポスター発表・交流会および表彰式						
					前半 (ポスター説明・ 質疑応答)・交流	後半 (ポスター説明・ 質疑応答)・交流		表彰式			
その他				NBRP 利用相談							

## ポスター発表プログラム

発表前半：奇数番号コアタイム 13:00～14:30

- H-01 根圏ストレスが水耕栽培野菜に与える影響**  
大坊拓也・掛端博貴・岩間晴香  
(青森県立名久井農業高等学校 環境研究班)
- H-03 省エネ水耕栽培の研究**  
佐々木昌虎  
(青森県立名久井農業高等学校 環境研究班)
- H-05 「糠塚(ぬかづか)きゅうり」の育苗に関する研究**  
西塚梓・夏坂優花・嵯峨琉翔・沢山真希  
(青森県立名久井農業高等学校 野菜研究班)
- H-07 エンドファイトと植物根の相互作用を高める条件とは ～エンドファイトはアカザ科ホウレンソウの成長を促進させることができるのか～**  
沼尻実愛  
(茗溪学園高等学校)
- H-09 LEDの色がイチゴに与える影響**  
松永大輝  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-11 1枚の葉の光合成量を推定する方法の開発**  
花房圓  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-13 周波数と発芽率の関係性**  
土屋智孝  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-15 音刺激によるマイハギの側小葉の運動**  
倉田梨咲子  
(茗溪学園高等学校)
- H-17 土壌の成分の違いが河内晩柑に含まれるオーラプテンに与える影響**  
山崎凜  
(愛媛県立南宇和高等学校 愛媛大学グローバルサイエンスキャンパス)

- H-19 **高湿度環境で蒸散するためのピレア・カディエレイの巧妙な戦略**  
榮前田結  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-21 **屈曲条件が豆苗の autostraightening に及ぼす影響**  
野村雪月・嶋田 悠也  
(芝浦工業大学柏高等学校)
- H-23 **挿し木の成功率を上げるために**  
福田百合野  
(茨城県立並木中等教育学校 科学研究部)
- H-25 **フィットニアの“白い葉脈”を構成する組織の解明**  
高木蒼衣  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-27 **水面に浮かぶスイレンの葉はどのように水を供給するのか**  
初川隼人  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-29 **セネシオ属の葉の窓と構造の考察**  
森くるみ、北村茜  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-31 **オジギソウの電気測定による分析**  
豊島美咲  
(立命館高等学校)
- H-33 **校内の水路で見つけたマリモ状藻類の巧妙な戦略**  
矢田目翔理  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-35 **虫を誘うネジバナ -螺旋の花はどのように風を利用するか**  
野村菜結  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-37 **トウモロコシ黒穂病の感染経路を探る！**  
寺島寛那・山崎葵  
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)



**H-39 緩衝液中でのクモ糸の高強度化**

崎山真喜人

(玉川学園高等部)

**H-41 モジホコリの探索行動に及ぼす反復寒冷刺激の影響 ～面積変化率を用いた行動解析法の提案～**

岡倫太郎・妹尾和磨・奥かさね・中島里桜・渡邊芽衣

(岡山県立津山高等学校 理数科)

## ポスター発表プログラム

発表後半：偶数番号コアタイム 14:30~16:00

- H-02 栽培法の違いが水耕ネギの生育と機能性成分に与える影響**  
新田遥加・中居泉穂・寺沢ゆき  
(青森県立名久井農業高等学校 環境研究班)
- H-04 水質浄化剤 PG $\alpha$ 21Ca を用いたレタスの水耕栽培**  
赤津玲弥  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-06 HHO ガスの植物成長促進効果とその作用機序の考察**  
大久保奏佑  
(三田国際学園高等学校 MSTC)
- H-08 植物の光合成による地球温暖化への影響はあるのか。**  
阿部晴哉  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-10 あっしは日陰者ですから… ～暗発芽種子ダイコンのちょっと特殊な発芽の仕組み～**  
高岩亜花梨・高本千代・吉丸侑里  
(白梅学園高等学校 自然科学部)
- H-12 植物と淡水生物共存型農業**  
古賀恵仁  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-14 音がカイワレダイコンの発芽に与える影響**  
大機快聖・佐藤豪太・田中佑樹  
(京都府立西舞鶴高等学校 理数探究科)
- H-16 ゆずの可能性**  
中村寿奈・落合侑志・田中葵稀・白澤楓・田中千春  
(栃木県立栃木農業高等学校 食品科学科)
- H-18 ティランジアによる調湿に最適な環境条件**  
原田茉優  
(山口県立宇部高等学校 G S C 広島)

- H-20 耐乾性を持つ多肉植物が枯れる条件とは？**  
柳澤慶  
(大阪府立富田林高等学校 科学部多肉植物班)
- H-22 植物の成長過程における力学的な「力」の研究**  
原野紗耶加・土井ひなた  
(兵庫県立宝塚北高等学校 GS 科)
- H-24 光によるシロツメクサの根の緑化現象**  
河野百羽  
(東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部)
- H-26 グリーンドラムの不思議な葉の構造と巧妙な生存戦略**  
江藤毬花  
(横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-28 セネシオ・スケイポサスは葉に白い衣をまとう！ ～その正体にせまる～**  
下川美咲  
(横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-30 被子植物の多くの葉に見られる厚い透明細胞層にはどのような役割があるか**  
宮本真優・千葉心美・西島礼  
(横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-32 ユリの花粉管誘導VI ～胚珠は花粉管の接近を感知するのか～**  
内田月和子・新田南・森島彩貴・渡邊咲南  
(名古屋市立向陽高等学校 国際科学科)
- H-34 アオコの発生防止 ～ハシビロガモの回転運動でアオコを防ぐ～**  
杉山珠桜里  
(流山市立西初石中学校)
- H-36 ナラ菌の単離について**  
川口音寧  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)
- H-38 国産カブトムシの体色変異について**  
久保田楓雅  
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物)

**H-40 雑草を用いた生分解性紙の抄造**

松村うい

(市川学園市川高等学校)

**H-42 緑茶カテキン類による染色の抗菌性**

長島真由

(神戸大学附属中等教育学校)



## 根圏ストレスが水耕栽培野菜に与える影響

青森県立名久井農業高等学校 環境研究班

大坊拓也・掛端博貴・岩間晴香

### 【目的】

健康志向の高まりから高機能性野菜が注目されている。ポリフェノールなどの機能性成分はストレスを受けることで合成されることがわかっている。そこで水耕栽培において野菜の根を浸漬させている養液槽を冷却または振動させると生育及びポリフェノール総量などがどのように変化するか探るために研究に取り組んだ。

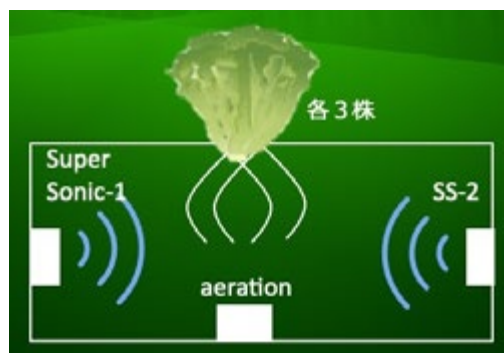
### 【実験方法】

#### 1 冷却区

- (1) 養液が6L入る小型水耕栽培装置に観賞魚用のクーラーを設置する。
- (2) 小松菜とレタスを植え、収穫1ヶ月前から約12℃で冷却する。

#### 2 SS（超音波振動）区

- (1) 養液が6L入る小型水耕栽培装置に振動数1,700kHzの超音波振動器を2台設置する。
- (2) 小松菜とレタスを植え、収穫1ヶ月前から振動させる。(右図)



### 【結果】

栽培の結果、冷却及びSS区の地上部は、無処理のControlより小ぶりとなり、葉色が濃くなった。また根の伸長が抑制され、特にSS区で極端だった。機能性成分は下表のように両区ともポリフェノール総量が増加し、糖度では冷却区が増加した。

#### 1 冷却区

試験区	糖度 (Bx)	ポリフェノール総量(mg/100g)
レタス Control	2.8	24.0
レタス冷却区	3.4(18%増)	28.0(15%増)
小松菜 Control	3.2	80.0
小松菜冷却区	3.9(15%増)	100.0(20%増)

#### 2 SS区

試験区	糖度 (Bx)	ポリフェノール総量(mg/100g)	ビタミンC (mg/100g)
レタス Control	2.7	25.0	—
レタス SS区	2.5(8%減)	32.0(28%増)	—
小松菜 Control	3.1	62.0	35.0
小松菜 SS区	3.5(13%増)	72.0(16%増)	91.0(260%増)

### 【考察】

両区とも成長が抑制されたのはストレスになったためだと考えられる。またその影響で抗酸化成分であるポリフェノールが増加したと思われる。SS区の糖度増加率が冷却区より低かったのは、糖は低温に対する防御反応からだと考える。この結果は根圏ストレスによって高機能性野菜を周年生産できる新技術開発に繋がるものである。

## 栽培法の違いが水耕ネギの生育と機能性成分に与える影響

青森県立名久井農業高等学校 環境研究班

新田遥加・中居泉穂・寺沢ゆき

### 【目的】

近年、水耕栽培が普及してきたが、その多くがレタスなどの葉菜類やトマトなどの果菜類である。しかしコロナ禍の今、免疫細胞を活性化させる機能性成分を含んでいるネギが注目されはじめている。そこでネギにストレスを与えたら機能性成分であるポリフェノール総量などがどのように変化するのか研究することにした。

### 【実験方法】

野菜は葉ネギの九条ネギとし、9月～11月までの3ヶ月間、温室内で水耕栽培を行った。ストレスの与え方は、6Lの養液を約冷却する方法と養液槽内に超音波発生装置を1台設置して振動を与える方法の2つを設定した。

#### 1 Control

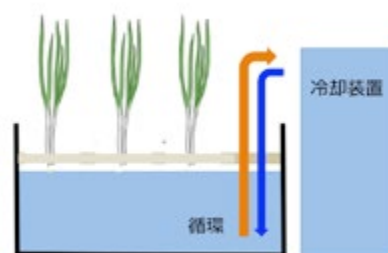
無加温ガラス温室内で養液栽培する従来の水耕栽培区（右図）

#### 2 冷却区

無加温のガラス温室で養液を12℃に冷却して行う水耕栽培

#### 3 SS (SuperSonic) 区

無加温のガラス温室で振動数1,700kHzの超音波を養液槽内で発生させて行う水耕栽培



### 【結果】

冷却区の生育が旺盛で、草丈、茎径、そして植物体もControlよりも重くなった。また冷却区は葉色も濃くなった。しかしSS区は逆にControlよりも生育が抑制された。またポリフェノール総量は冷却区で約17%、SS区で約10%増加した。糖度は冷却区だけ31%増加した。

機能性成分	Control	冷却区	SS区
ポリフェノール総量(mg/100g)	50	60	56
糖度 (Bx) %	4.4	6.4	4.5

### 【考察】

研究の結果、ネギは養液を冷却することで生育が旺盛になり、ポリフェノール及び糖度が増加した。ネギの生育適温は15～20℃と低い。秋にから早期冷却したことで生育適温が確保され生育が促進されたと考えられる。また低温は糖類の合成を促進させることから糖度が大幅に増加したものと思われる。しかしSS区は常に根が振動するため根の生育が抑制され、ネギにとってストレスとなったため、わずかながらポリフェノールが増えたと思われる。今後はさらに研究を深め、季節に左右されずに甘く機能性成分の多い新しいネギの水耕栽培技術の開発に繋げていきたい。

## 省エネ水耕栽培の研究

青森県立名久井農業高等学校 環境研究班

佐々木昌虎

### 【目的】

天候に左右されない植物工場が普及してきた。しかし冬はエアコンで室温を確保するため消費エネルギーは大きく課題となっている。そこで露天風呂のように水耕栽培の養液だけを加温したら省エネになるのか、また野菜の生育や機能性成分がどのように変化するかを従来の室内栽培及び寒気に当てる寒じめ栽培と比較することにした。

### 【実験方法】

野菜はホウレンソウ（品種：アクティブ）とし、サラダ用に草丈 10cm 前後の若葉を収穫する栽培を行なった。試験区は次の 3 区とした。

- 1 室内栽培区  
室温をエアコンで約 20℃に保ち、蛍光灯を 24 時間照射する従来の水耕栽培
- 2 寒じめ区  
無加温の温室で 11 月下旬から 1 月上旬まで培養土を用いて行うポット栽培
- 3 露天風呂栽培  
無加温の温室で 11 月下旬から 1 月上旬まで養液を約 20℃に保ち行う水耕栽培

### 【結果】

葉の表面温度をサーモグラフィーで測定したところ、氷点下の栽培環境において露天風呂区は寒じめ区より約 5℃も高いことがわかった。その結果、草丈及び 1 株重量は室内水耕区、露天風呂区、寒じめ区の順に大きくなった。また葉色は寒じめ区、露天風呂区で濃くなった。さらに機能性成分であるポリフェノール総量は、寒じめ区が従来の室内栽培より約 17%増加した。また糖度は寒じめ区で約 35%、露天風呂区で約 16%増加することがわかった（下表）。この露天風呂栽培を 4.8 m<sup>2</sup>規模で行なった場合、電気料は従来の室内栽培に比べ電気料、二酸化炭素排出量で 80%以上削減できることがわかった。

機能性成分	室内水耕区	寒じめ区	露天風呂区
ポリフェノール総量(mg/100g)	150	180	150
糖度 (Bx) %	7.9	12.1	9.4

### 【考察】

研究の結果、室内栽培の生育が旺盛なことから、気温が生育に大きな影響を与えていることがあらためて確認できた。また低温環境下でも養液を加温することで、草丈が伸長することがわかった。露天風呂区が温かな養液を吸収しているためだと思われる。しかし温かな養液を吸収するため植物体温が高いことからストレスを感じにくくなり、抗酸化物質のポリフェノールの合成は増えなかったと思われる。しかし周囲が低温であることはわかるため、糖度は合成されたのではないかと考える。以上のことから露天風呂栽培は省エネ高機能性栽培としてあらたな技術になる可能性がある。



## H-04

### 水質浄化剤 PG $\alpha$ 21Ca を用いたレタスの水耕栽培

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物

赤津 玲弥

【目的】：水耕栽培は室内で行うことで天候による影響を受けにくく、害虫の心配もないため農薬を使用する必要がないなどのメリットがある。水耕栽培は水質が大切であるが、簡単にきれいな水が手に入る国は少ない。自然中の水源を水耕栽培に用いることで、そのような地域でも水耕栽培が可能になるのではないかと考えた。本研究では水質面で水耕栽培を研究した。玉川学園内にある農業用かんがい池の奈良池に PG $\alpha$  21Ca を用いた水で植物の栽培をする実験を行った。

【実験方法】：今回、リーフレタス レッドファイヤー (*Lactuca sativa* L. Red Fire) を用いた。以下レタスと示す。実験 1 ではレタスの種を植え 2 週間水道水で育て発芽させたものを、一方は水道水にホーグランド溶液を加えたものに、もう一方は奈良池に PG $\alpha$  21Ca を使用したものに移し育てた。実験 2 ではレタスの種を植え、2 週間水道水で育て発芽させた後、以下の 8 つに分けて移し替えた。

表 1 実験 2 の培養器の水

1	水道水	何も加えない	5	奈良池	何も加えない
2		ホーグランド溶液	6		ホーグランド溶液
3		PG $\alpha$ 21Ca	7		PG $\alpha$ 21Ca
4		ホーグランド溶液+PG $\alpha$ 21Ca	8		ホーグランド溶液+PG $\alpha$ 21Ca

【結果】：

実験 1 水道水にホーグランド溶液を加えた水で育てたレタスは大きく育ったが、奈良池に PG $\alpha$  21Ca を加えた水で育てたレタスは移し変えてからほとんど変化がないまま成長しなかった。実験 2 では表 1 の 8 が目立って大きく育った。

【考察】：

実験 1 では成長が止まってしまった。そこから PG $\alpha$  21Ca によって成長に必要な栄養まで取り除かれたと考えられる。実験 2 の 6 と 8 を比べると、実験 1 で行った奈良池に PG $\alpha$  21Ca を用いたもよりもさらにホーグランド溶液を加えたものの方が大きく育った。これより実験 1 の結果の原因は栄養不足であったことが判明した。また、8 は 7, 8 よりはるかに大きく成長した。これより、PG $\alpha$  21Ca とホーグランド溶液の両方を使用することで奈良池中の植物の成長に悪影響を及ぼすと思われる成分を PG $\alpha$  21Ca が取り除き、ホーグランド溶液により不足した栄養を補うことができたと考えられる。

## 「糠塚（ぬかづか）きゅうり」の育苗に関する研究

青森県立名久井農業高等学校 生物生産科 野菜研究班

西塚 梓・夏坂 優花・嵯峨 琉翔・沢山 真希

### 【目的】

「糠塚（ぬかづか）きゅうり」は、青森県八戸市糠塚地区を中心に南部地方で栽培されてきた伝統野菜である。子実はうすい緑色で、太く、約500gの重さがあり、イボが黒く、独特の苦みを持つ（図1）。昭和30年代まで広く栽培されてきたが、病気や暑さに弱く、収穫量が少なく、日持ちがしないことから生産農家が激減している。また、食生活の変化や品種改良されたきゅうりの存在から食べる機会も減少した。

そこで、私たちは糠塚きゅうりの特徴と問題点を確認し、栽培技術を改良することで生産量を向上させたいと考え研究を行った。



図1 糠塚きゅうりの子実

### 【実験概要】

はじめに、糠塚きゅうりの栽培を行い、「ふしみどり」（節成きゅうり）と比較した。糠塚きゅうりはふしみどりに比べ発芽率が低く、胚軸が徒長しやすく、暑さや病気に弱いなど、栽培する上での問題点が明らかになった。

そこで、これらの問題点を解決するために情報収集を行い、糠塚きゅうりの育苗に重点を置き試験計画を立てた。令和3年4月～5月に1晩浸種後、播種をして育苗の様子を調査した。種子の選抜方法、浸種水、播種方向、培土、覆土方法で試験区を設けて発芽試験および栽培試験を行った。

### 【結果】

結果1 糠塚きゅうりの特徴；ふしみどりと比較すると、着果・収穫本数が少ないが子実の太さや重量は倍以上になった。また、発芽率が低く、胚軸が徒長しやすい特徴が見られた。

結果2 種子選抜方法での発芽率；採種時および浸種時の2段階で水に沈んだ種子の発芽率は100%になった。

結果3 浸種水別での発芽率；水道水で浸種した区が無処理区より発芽率が高かった。

結果4 播種方向別での発芽率；横向き播種区は縦向き播種区より発芽率が高かった。

結果5 培土の種類別の発芽率；3種類の培土の発芽率に大きな違いは見られなかった。

結果6 水耕用発芽器での発芽率；全ての種子が播種後3日以内に発芽した。

結果7 覆土の違いでの発芽率；播種後ビニールを被覆した方が、発芽率が高くなった。

### 【考察】

実験結果から、種子を採種時と浸種時に2段階で選抜すること、播種前に浸種すること、横向きに播種すること、播種後保水を行うこと、ビニールで覆い発芽させることで発芽率がほぼ100%となった。糠塚きゅうりの発芽には、水管理、特に乾燥を防ぐことが重要で、水道水で十分に対応できると考えられる。また、播種方向は幼芽の出芽に負担が少ない横向きにすることで、その後の成長も早く進み、胚軸が徒長しにくくなることや生育揃いにつながると考えられる。

## H-06

# HHOガスの植物成長促進効果とその作用機序の考察

三田国際学園高等学校 MSTC

大久保奏佑

【目的】：HHOガスとは、水素と酸素を2:1で含む混合気体であり、電気分解で生成したこのガスが植物の成長を促進することが本校の先行研究から分かっている。本研究では、HHOガスが持つ植物成長促進効果の作用機序を明らかにすることを目的とし、この効果がガスの生成法に左右されるかを調べた。

【実験方法】：ガスの生成法を変更した際に植物成長促進効果が確認されるかを調べるため、ブロッコリーを異なる二つの条件で栽培した。片方にはHHOガスを、もう片方には空気を1日2時間供給した。先行研究では電気分解で生成したHHOガスを与えていたが、本研究では水素と酸素のガスボンベから供給したHHOガスを与えた。7日目に植物体の重量を秤量し、成長量と定義した。

【結果】：ボンベから供給したHHOガスには、植物成長促進効果が確認されなかった(図1)。この結果からHHOガスの植物成長促進効果は電気分解で生成したHHOガスにはあるが、ボンベから供給したHHOガスにはないことが示唆された。

【考察】：電気分解によって生成されたHHOガスは、電気分解の際に $H_2O$ 分子のホモリシス開裂で水素ラジカルが得られていると考えられ、これが植物成長促進効果をもたらす可能性がある。今後、HHOガスの植物成長促進効果と水素ラジカルとの関与を明らかにするためには、電気分解以外の方法で水素ラジカルを生成する必要がある。タングステン熱線法などの利用を検討している。

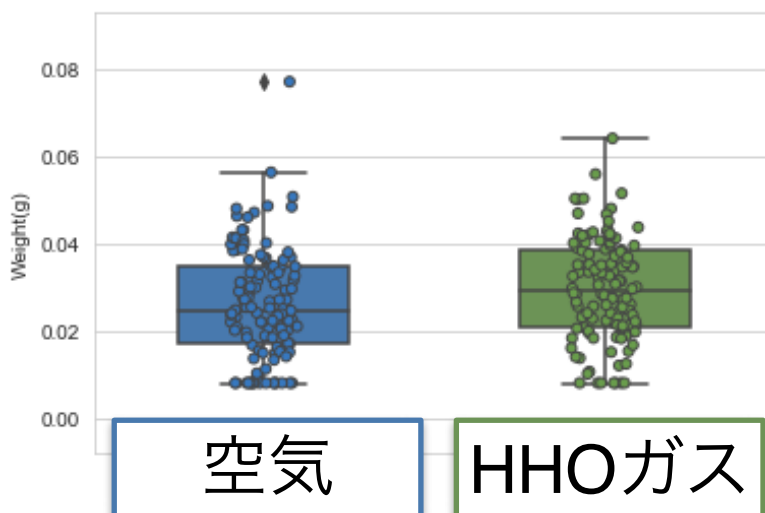


図1 栽培容器を変更してHHOガスと空気をそれぞれ与え、栽培したブロッコリーの秤量結果

## エンドファイトと植物根の相互作用を高める条件とは

～エンドファイトはアカザ科ホウレンソウの成長を促進させることができるのか～

茗溪学園高等学校 2年 沼尻実愛

【目的】:アカザ科の多くの植物には内生菌根菌は共生しないとされているが、ホウレンソウの根にエンドファイトを共生させ、アカザ科における植物根とエンドファイトの相互作用を高める条件を明らかにする。

【実験方法】:エンドファイトを接種した窒素源の異なる培地でホウレンソウを育て、エンドファイトを接種していない培地とどのような成長の違いがみられるかを検証した。使用したエンドファイトは茨城大学より分譲していただいた *Veronaepsis simplex* (菌株番号:Y34) である。窒素源の異なる4種類の培地を作り(表1)、エンドファイトを接種したものと接種していないものを用意し20℃で3週間程度培養した。そこに発芽・発根したホウレンソウの種子を移植しさらに3週間生育した。その後、それぞれの培地で育てたホウレンソウの重量を計測した後、根をコットンブルー染色液で染色し、顕微鏡で400倍で観察をした。(5反復)

【結果】:すべての区において、エンドファイトを接種した培地で育てたホウレンソウの方がより成長した。また、窒素条件の違いによりホウレンソウの生育に差があるかどうかを一元配置分散分析により検定したところ、エンドファイト区を接種した区(p=0.23)も接種していない区(p=0.66)も有意差なしという結果になった。

表1 培地の組成(200mLあたり)

培地の名前	対照区	硝酸ナトリウム区	バリン区	ロイシン区
組成	オートミール2g リン酸二水素カリウム1.5g 硫酸マグネシウム七水和物0.2g 寒天3g	オートミール2g リン酸二水素カリウム1.5g 硫酸マグネシウム七水和物0.2g 寒天3g	オートミール2g リン酸二水素カリウム1.5g 硫酸マグネシウム七水和物0.2g 寒天3g	オートミール2g リン酸二水素カリウム1.5g 硫酸マグネシウム七水和物0.2g 寒天3g
	窒素なし	硝酸ナトリウム 0.0242g	バリン 0.0334g	ロイシン 0.0374g

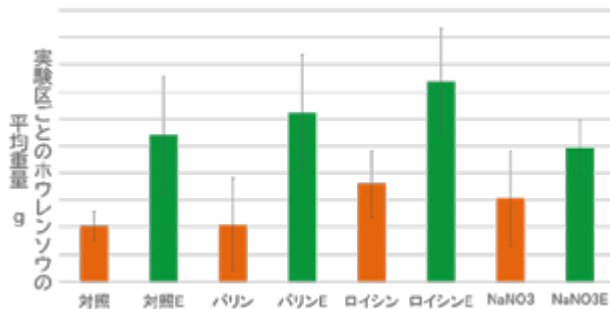


図1 実験区ごとのホウレンソウの平均重量 (Eはエンドファイト接種区を表す)



図2 エンドファイトを接種していない区の根



図3 エンドファイトを接種した区の根

【考察】:根の周囲には多量の菌糸が張り付いており、顕微鏡で観察をすると焦点をずらしても菌糸が見えることから、根の内部にも侵入しているのではないかと考えた。今回の実験では、エンドファイトを接種した区と接種しない区のどちらにおいても、ロイシン区でやや成長促進傾向が見られた。しかし統計的には培地の違いによる植物の成長には有意差がないので、窒素源の違いが植物の生育に与える影響や、菌と植物の間で窒素のやり取りは検証できなかった。しかし実験結果より、エンドファイトが植物への水分供給を助けたと推測し、相互作用を高める条件の1つは、植物体が乾燥条件下にあることであると考える。

(参考文献)

成澤才彦(2011).『作物を守る微生物-エンドファイトの働きと使い方』.社団法人 農業漁村文化協会.

Usuki, F., Narisawa, K. 「A mutualistic symbiosis between a dark septate endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*, and a nonmycorrhizal plant, Chinese cabbage」『Mycologia』, Volume 99, 2007. 175-184.

# 植物の光合成による地球温暖化への影響はあるのか。

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物

阿部 晴哉

### 【目的】

私は今日の世界的時事問題である、地球温暖化について植物の光合成によってこの問題を解決することが可能なのではないかと考えた。具体的なその解決方法とは地球温暖化は室温効果ガス（この場合は主に二酸化炭素）の増加である。その上で植物は光合成を行い、二酸化炭素を吸収し酸素を放出する。この2つの事実に焦点を当てて地球温暖化を緩和しているのか、その逆で、促進しているのか結果を元に考えることとした。

### 【実験方法】

#### ■本実験で利用した植物

・シロイヌナズナ

#### ■本実験で使用した測定器

Go Direct CO2 Gas Sensor

Go Direct O2 Gas Sensor

植物を密閉し、様々な環境で光合成、呼吸について900秒で測定した。（図1）今回の光条件は地球環境と揃えるために光の有無を用いて調整した。



（図1）植物(シロイヌナズナ)の光合成量の測定

### 【結果】

実験の結果は、光がある状況では、二酸化炭素 100ppm 減少した。また光がない状況では、二酸化炭素が 200ppm 増加した。今回の実験で用いたシロイヌナズナは同測定時間において二酸化炭素を放出する量の方が吸収する量よりも多い結果となった。

また総務省統計局「統計でみる都道府県のすがた 2021/2014/2008」によると、日本の東京の年間日照時間は 1909 時間である。また年間の時間は 24（時間）×365（日）より 8760 時間である。

### 【考察】

今回の二酸化炭素測定の結果から植物の光合成によって地球温暖化への影響はあると考えられる。またその影響とは地球温暖化を促進させるものと考えられる。その根拠は2つある。

1つ目は今回の900秒の測定において植物の光合成で吸収される二酸化炭素量と呼吸で放出する二酸化炭素量は同値ではなく差があり、その差は呼吸で放出する二酸化炭素量の方が多いためである。植物の光合成、呼吸は地球温暖化を促進させていると考えられる。

2つ目は日本における年間の日照時間は日が当たっていない時間よりも少ないためである。すなわちこのことは植物が光合成している時間よりも呼吸をしている時間の方が長いということを表す。つまり、二酸化炭素を吸収する量よりも放出する量の方が多いため地球温暖化を促進させていると考えられる。

よって今回の結果より植物の光合成によって地球温暖化への影響はあり、さらにそれは地球温暖化を促進させるものだと考えられる。

### 【今後の展望】

今後は、シロイヌナズナ以外の植物での測定、微生物 や土壌細菌の呼吸量を含めた測定、地球温暖化を緩和させることができる植物の状況。この3つを主に検討していく。

## LEDの色がイチゴに与える影響

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物

松永 大輝

## 【目的】

現在、農家の高齢化に伴った農家不足、供給量不足が深刻化している。具体的な問題としてはパックに入ったイチゴの粒数が1~2粒減っていることが供給量不足の顕著な問題としてあげられる<sup>1)</sup>。この問題を解消するには、農業のIT化、効率化などが考えられる。そのなかで太陽光を使用しない栽培を行う際、どの光源が適切なのかという点で実験を行った。

## 【実験方法】

メタルラックを利用し栽培棚を作製した。光条件は、蛍光灯型LED、赤色LED、青色LEDで実験を行った。今回の実験ではイチゴ（品種：よつぼし）を種子から生育させた。イチゴの種子をスポンジに設置し、土の代わりにHogland水耕養液を使用し、水耕溶液が常に根が浸かる程の高さになるように気を付けながら溶液の交換を行った。観察はイチゴの実がなってから25mmほどになってから糖度について調べた。

## 【結果】

異なる光環境下での糖度平均を計測したところ赤LEDが糖度15.1Brix、青LEDが糖度13.0625Brix、蛍光灯8Brixとなった。また、糖度を計測することができたイチゴの個数は赤LEDが9粒、青LEDが8粒、蛍光灯が1粒であった。また、生育162日目でのイチゴの個数、葉の枚数は、赤LEDが12.7個180枚、青LEDが21個141枚、蛍光灯が7.5個145.5枚となった。

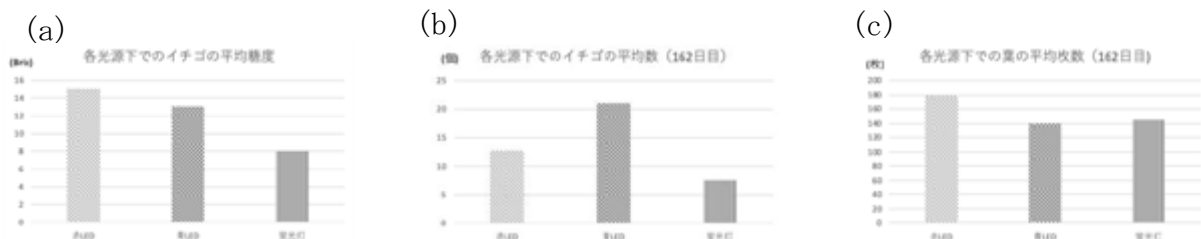


図1 各光条件下におけるイチゴの生育状況について  
(a):平均糖度、(b):イチゴの個数 (c):葉の枚数

## 【考察】

今回の結果を見ると、糖度が高いほうから赤LED、青LED、蛍光灯となっており、糖度の高いイチゴを作るためには光源として赤LEDが最も適していると考えられる。また、糖度を計測することができたイチゴの個数を各光源下で比較したところ蛍光灯は赤LED、青LEDよりもイチゴを作りにくいことが分かった。また、青LEDではイチゴを最も多く作った。そして、葉の数のデータから葉が多いと糖度が上がりやすく、葉が少ないと生育速度が早くなることがわかった。

## 【今後の課題】

長期栽培することにおいてイチゴの糖度や形態形成をより正確に測定する方法を確立していく必要がある。また、糖度と形態形成の関係性についても調査していく。

## 【参考文献】

1) 「イチゴのパック1~2粒少なく」 『日本経済新聞』 2021年11月19日

## あっしは日陰者ですから…

～暗発芽種子ダイコンのちょっと特殊な発芽の仕組み～

白梅学園高等学校 自然科学部

2年：高岩亜花梨・高本千代・吉丸侑里

【目的】 種子の発芽について、光発芽種子であるレタス種子を用いた実験によって色素タンパク質「フィトクロム」が関わっていることがわかっている。フィトクロムは当たる光によって、 $P_R$ （赤色光吸収型）と  $P_{FR}$ （遠赤色光吸収型）との間で光可逆的に構造を変化させることができ、光発芽種子では、赤色光が当たって  $P_{FR}$ （遠赤色光吸収型：活性型）ができることによって発芽が引き起こされると高校の生物の授業でも扱われている。

私たちは光により発芽が阻害される『暗発芽種子』での発芽のメカニズム（フィトクロムの関与）も光発芽種子と同じなのか、または異なっているのかに興味を持ち、暗発芽種子に分類されるダイコン種子にいろいろな光処理を行ってその仕組みを調べた。

【実験方法】・材料：ダイコン種子（品種：青首長太宮重大根）

種子は50粒を1つのシャーレ（0.7%寒天培地，直径5cm）に播き、1回の実験で4シャーレを用いた。

幼根の突出をもって発芽とし、4日後に発芽率（%）を求めた。

- ・温度処理：低温恒温器で15℃と25℃で実験を行った。
- ・光処理：白色蛍光灯，赤色LED光源（R:660nm），遠赤色LED光源（FR:730nm）などを用いて暗室や恒温器内で照射した。
- ・暗処理：シャーレを缶に入れて、黒いビニールテープで目張りした。

【結果】ダイコン種子の発芽において、

- ①：暗所では、15℃，25℃ともにほぼ100%の発芽が見られた。  
明所（連続白色光）では、15℃で強い阻害が見られたが、25℃では（光の強さにより）阻害効果が減少した。
- ②：当たった光の長さが長い，光の強さが強いほど阻害が見られた。
- ③：連続赤色光，連続遠赤色光，連続青色光下では、発芽はどちらも強く阻害された。連続緑色光では少し発芽が見られた

【考察】・暗発芽（光阻害現象）は温度依存性であり高温で解除されることから、温度上昇によって促進される化学反応が関係しているのではないかと考えられる。

- ・連続遠赤色光による発芽阻害は、フィトクロムが作用するHIR（高照射反応）であると思われる。また、さらに連続赤色光による阻害も見られたことから、ダイコン種子の発芽では光を特に必要としない特徴があると考えられる。これらの特徴と暗発芽の生態的意義について考えている。
- ・現在、赤色光・遠赤色光の短時間照射（パルス照射）の影響およびフィトクロムで見られる光可逆性について継続して調べており、当日の発表で紹介する予定である。

# 1枚の葉の光合成量を推定する方法の開発

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

花房 圓

植物の光合成は1日にどれくらい行われているのだろうか。現在、植物の光合成は酸素発生量やクロロフィルの蛍光によって調べる方法が確立されているが、これらは明反応で作られるもので、暗反応で作られるデンプンなどと比べてあまり実感がわかない。植物の光合成は、大気中の二酸化炭素を有機物に固定するので、質量が増加するはずである。そこで私は、この点に注目して光合成量を調べようと思い、1枚の葉の光合成によって増えた質量を直接量ることを試みた。

光合成前後の葉の乾燥重量を比較すれば、光合成によって増えた質量が計算できるはずである。当然ながら乾燥させた葉に光合成させることはできないので、同じ大きさの葉が1対ずつ形成される体制の植物であるアジサイを実験に用いることにした。また、ほかの葉に光合成産物が転流してしまうのを防ぐために葉を葉柄で切り離して、切り口に薄めたB&D培地を含ませた。

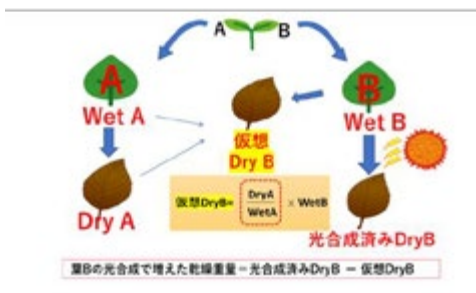
最初に対になったアジサイの葉の重量が本当に同じかどうか比較したところ、意外にも1部の大きさの葉では違いが大きいことが判明した。一方で対となっている葉の水分含有率は近似しているので、図3のように1対の葉の両方の光合成前の新鮮重量を測定しておいて、光合成させなかった方の葉の水分含有量から、光合成させた方の光合成前の乾燥重量を推定する方法を用いた。この方法で実験したところ、特に小さい葉では光合成後に質量が減るという問題に直面した。私は実験前に十分に光合成産物が蓄積していた場合、それ以上は質量が増えない可能性を考えて実験前に暗所で24時間呼吸させてから測定を行ったところ、光合成による重量の増加が観察できた。



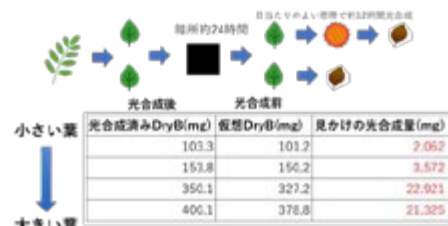
(図1) 対生のアジサイの葉



(図2) 葉を切り取って実験した



(図3) 増えた質量の算出方法



(図4) 実験結果



## 植物と淡水生物共存型農業

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物

古賀 恵仁

### 【研究動機】

近年、温暖化が進み、気候変動や海洋汚染により深刻な環境問題が多発している。そこで環境に配慮しつつ生産性を維持することができる持続可能な農業はあるのかと興味をもち、『アクアポニックス』という循環型共存農業システムに目を向けた。アクアポニックスとは、養殖と水耕栽培を掛け合わせた循環型の共存農業で、水中生物と植物が共生する環境を人工的に1つのシステムにしたものである<sup>1)</sup>。

### 【目的】

水中生物にはドジョウ、植物には豆苗を選び循環型共存農業システムを作成し実証すること。また水耕栽培との成長の差を比較し検証することとした。

### 【実験方法】

装置の組み立てとして、下には水槽を設置、上には循環装置用の容器を取り付けた。水槽と水耕栽培用の容器、循環装置用の容器に砂やカルキ抜きした水を入れた。(水耕栽培の水は根がほぼ浸かるくらい)そしてドジョウを10匹水槽に入れ、種から育てた豆苗を8株ずつ両方の容器にセットし、上に蛍光灯を設置し光量が同じになるように高さを調節し、水を循環装置で循環させた。



図1 水槽全体

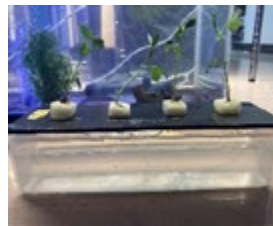


図2 水耕栽培

### 【結果】

途中でドジョウを死なせてしまったが、循環装置を使い豆苗を成長させることはできたが、水耕栽培での平均の成長差は7.9cm、循環装置では7.2cmという結果になり長さは大きくは変わらなかった(表1より)。

表1 6日後の平均と標準偏差

	水耕栽培	循環装置
平均(cm)	7.9	7.2
標準偏差	1.6	2.5

### 【考察】

結果から循環装置での豆苗栽培には成功した。このことからアクアポニックスによる循環での栽培も可能だと証明できた。しかし、実験途中でドジョウを死なせてしまったのはドジョウの適した環境を作れなかったからと考えられる。水耕栽培と循環装置での成長比較実験では、水耕栽培の方が平均値は若干高くなった。このことから6日間の実験期間では、水耕栽培の方が豆苗の適した環境だったと考えられる。しかし、水深の統一をしていなかったことによる実験ミスとも考えられる。

### 【今後の課題】

今後はドジョウの飼育改善するために pH を細かく計測したり水温を安定させたりして死なせない環境作りをし、植物と水中生物の二重生産を成功させたい。また豆苗の再生栽培の回数実験にも取り組みたい。

### 【参考文献】

(1) 魚畑【アクアポニックスとは】， 2020年12月15日 <https://aquaponics.co.jp/>

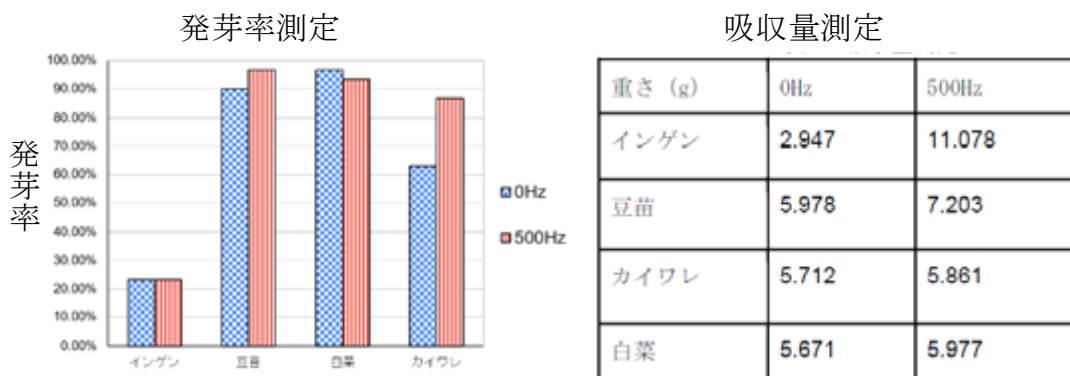
## 周波数と発芽率の関係性

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物  
土屋 智孝

【目的】：昨年度より研究を行っている周波数が種子の発芽率に与える影響について研究する。昨年度の実験の結果より、1000Hz と 5000Hz の周波数帯にて 0Hz と比べて 1000Hz では 6%抑制し、5000Hz では 9%向上する発芽率の違いが見受けられた。過去に調べた論文とは違う結果になったからである。また、論文中で使用されていた植物はイネ科に属するマカラスムギが用いられており、昨年度に使用した植物はマメ科に属する豆苗だったことから、「科」、「属」によって発芽に適した周波数帯が違うのではないかと考えた。よって、今年度は植物の「科」と「属」と周波数と発芽率の関係性を研究していくに至った。

【実験方法】：インゲン、カイワレ、白菜、豆苗のそれぞれ 30 粒を水に浸した綿を敷いたシャーレの上に置き、0Hz の環境をベースとし、500Hz の周波数帯での環境下に曝し、4 日間維持した。その後、それぞれの発芽率と吸水量を測定した。吸水量の測定は 1 日目と 4 日目に行った。

【結果】：表より吸水量の違いはインゲンにて見受けられ、発芽率の違いはカイワレにて見受けられた。



【考察】：結果からわかることは、同科のインゲンと豆苗に周波数による差異が見受けられなかったことと、カイワレと同じ科である白菜では周波数による差異が見受けられたことから、発芽率の差は植物の「科」ではなく、「属」の分類が周波数による発芽率の促進や抑制につながっていると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 佐藤優紀,植物における音の影響,ジュニア農芸 化学会 (2012)
- 2) 今井陸人,渡邊光一,成瀬優太,植物と音の関係, 恵那高等学校 (2019)

## H-14

# 音がカイワレダイコンの発芽に与える影響

京都市立西舞鶴高等学校 理数探究科

大機快聖・佐藤豪太・田中佑樹

【目的】：特定の周波数の音をカイワレダイコンの種子に当てることによる、発芽率の変化を調べる。

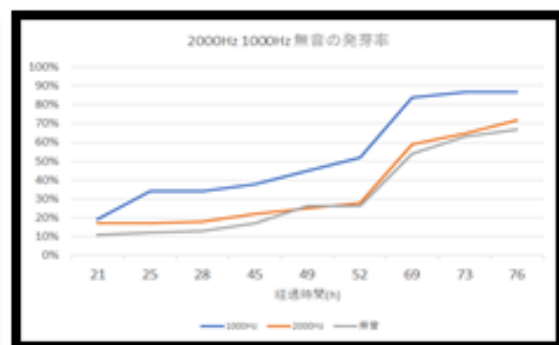
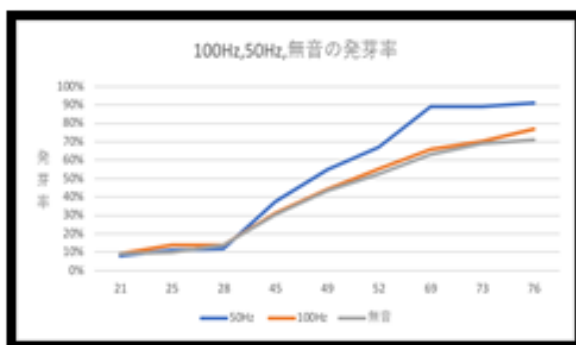
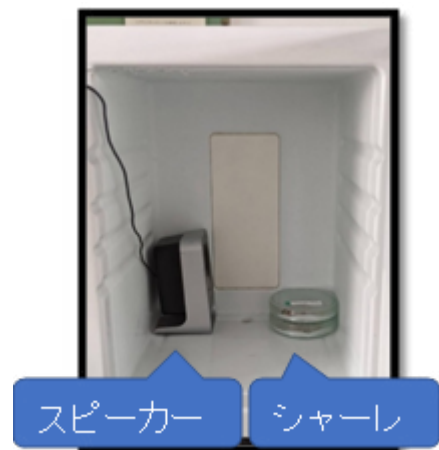
【実験方法】：湿度（70%）、温度（10℃）を一定に保ち、遮光したインキュベーターの中でカイワレダイコンの種(50個)と、特定の波長(50Hz,100Hz,1000Hz,2000Hz)を出すスピーカーを置いて約3日間育て、1日に3回発芽率を計測する。

種子は水（3.2mL）をしみこませた

7cm シャーレに等間隔に設置した。音の大きさは約 50 dBで一定とした。(右図)

【結果】：1000Hz,50Hz の波長を与えた種子は無音の場合と比べ、発芽が促進された。

2000Hz,100Hz の波長を聞かせた種子は無音の場合と比べ、発芽率の変化がなかった。



【考察】：周波数が増えると、発芽が促進されるという単純な関係ではない事が分かった。今後はさらに実験のデータを増やしていきたい。  
共振による発芽率の違いの可能性についても調べたい。

## 音刺激によるマイハギの側小葉の運動

茗溪学園高等学校 2年 倉田梨咲子

【目的】私は屈性や傾性などの植物の動きについて興味を持った。そしてマイハギは、音に反応して動くがそのメカニズムや意義は詳しく研究されていないことを知った。そこで、音の高さと、マイハギの側小葉の動きの関係を明らかにすることを目的とし研究を行った。

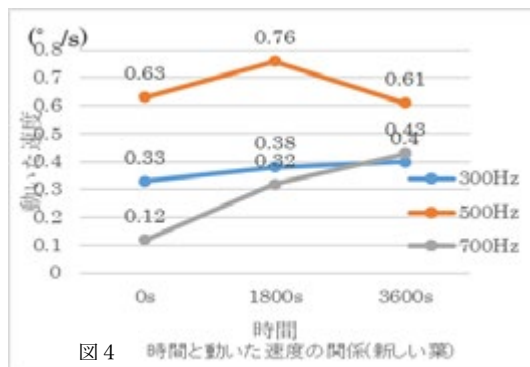
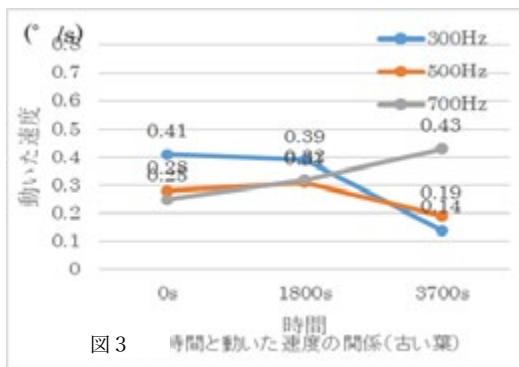
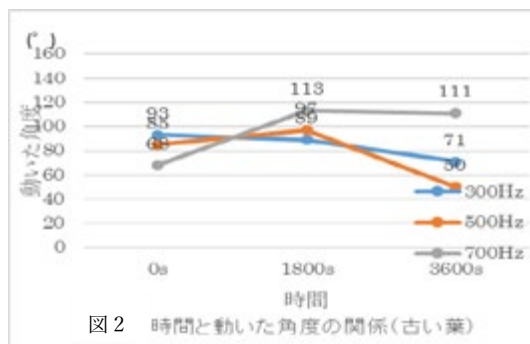
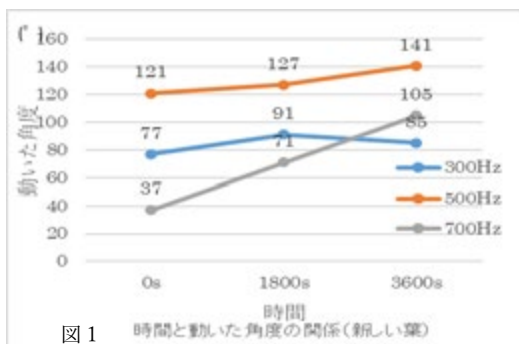
## 【実験方法】

実験1：マイハギに300Hz、500Hz、700Hz、の音を80分間与え続け、側小葉が動く角度、速度を測定した。実験に使った葉は、全長88cmのマイハギの地上37cm地点に生えている葉(以下、古い葉)と70cm地点に生えている葉(以下、新しい葉)の2つである。

実験2：マイハギの側小葉を透明化し、葉の構造を観察した。

実験3：側小葉の葉身を1/2、3/4、全体を切り落として音に対する反応を測定した。

【結果】実験1で得られた経過時間と、動いた角度、速度の変化をそれぞれグラフに示した。



【考察】実験1において葉が最も大きくかつ速く動いたのは500Hzの新しい葉である。700Hzでは時間の経過とともに動いた角度が大きく、速度が速くなる傾向がある。よって、遅効的、持続的に葉を大きく動かすことができるのは700Hzで、即効的、一時的に葉を大きく動かすことができるのは500Hzであると考え。また、新しい葉のほうが音の感受性が高く、古い葉のほうが葉を動かす持続力が弱いと考える。実験2では、葉身や葉枕の表面に、毛があることが観察でき、これは音受容に関連していると考えた。実験3では、葉身を全て切り落としても音に反応し、葉柄部も音を受容すること、さらに葉身部での音の感受は全体の動きに影響することが分かった。

【参考文献】三輪敬之 山下智輝(2001).「音刺激に対するマイハギの小葉運動計測システムの開発」,『植物工場学会雑誌』, 13巻2号,P.123-129.

## ゆずの可能性

栃木県立栃木農業高等学校食品科学科

中村寿奈・落合侑志・田中葵稀・白澤楓・田中千春

## 【目的】

本校食品科学科では、本校の所在地である栃木県栃木市平井町で、昭和 50 年代から地元有志で活動が始まった「ゆずの里」の活性化を図るため、商品開発や地域 PR 活動を行っている。ゆずの里は、地元で植樹された「ゆず」を観光資源として、商品開発やイベントが行われてきた。現在、その取り組みの中で、ゆずに含まれるオーラプテンに注目し、新たな企画化へ動き始めている。オーラプテンは柑橘類に含まれているクマリン系化合物の一種であり、様々な健康への効果が期待されている。ゆずに含まれるオーラプテンについて調べることで、ゆず加工品の製造や販売アップに活用し、地域活性化につなげることを目的とした。

## 【実験方法】

オーラプテンの定量は、帝京大学理工学部バイオサイエンス学科・先端機器分析センターの御協力のもと、LC-MS/MS を利用し行った。ゆず果実を、外果皮・内果皮・じょうのう膜・果汁に分けてサンプリングし、果汁以外のサンプルはアセトンに浸漬し、ミキサーで粉碎後にブフナー漏斗で吸引濾過した。果汁は、遠心分離後、上清に酢酸エチルを加え分液漏斗にを用いて分画し、酢酸エチル層を回収した。以上の方法で回収した外果皮・内果皮・じょうのう膜・果汁抽出物を、それぞれロータリーエバポレーターで減圧しつつ、加熱して濃縮・乾固した。濃縮した抽出物は、50%メタノールで再溶解し、LC-MS/MS を用いてオーラプテンの検出を行い、標準物質と比較することで内生量の定量を行った。

## 【結果】

オーラプテン内生量は次の通りである。

サンプル	重さ	オーラプテン	
内果皮	13.74 g	5.83	ng/gFw
外果皮	12.938 g	1212.58	
じょうのう膜	27.92 g	0.27	
果汁	10 mL	1127.25	ng/1mL

## 【考察】

実験の結果から、外果皮と果汁のオーラプテン含有量が多いことが分かった。現在、加工品製造過程における処理がオーラプテンの含有量に与える影響を調べるため、2%塩水で20分間の加熱処理を行った外果皮、20分間の加熱処理を行った果汁についても定量分析を進めている。また、果実の発達過程による変化についても調べるため、オーラプテンの含有量が少ないと予想される未熟な果実である青ゆずについても、内生量の測定を進める予定である。

土壌の成分の違いが河内晩柑に含まれるオーラプテンに与える影響

愛媛県立南宇和高等学校 愛媛大学グローバルサイエンスキャンパス

山崎 凜

研究指導 片山 了輔(愛媛県立南宇和高等学校)

上野 秀人 菅原 卓也 西 甲介 (愛媛大学 農学研究科)

**【目的】** 地元愛南町が生産量日本一である河内晩柑にはオーラプテンという機能性成分が多く含まれており、認知機能の維持や抗炎症作用の効果がある。そこで土壌の成分との関係について明らかにしたいと考えた。

**【実験方法】** 本校の農業科と、地域農家に協力してもらい、地域農家の40年生の木(old)、10年生の木(young)、学校の40年生(school)の各4本ずつ抽出し、土壌、根、葉、果実をサンプリングした。その後、果皮乾燥重量1gあたりのオーラプテン重量(mg)と土壌中の成分濃度の計測を行った。

●土壌の成分の測定方法

炭素濃度・窒素濃度の測定→vario MAX CN を用いる乾式燃焼法で測定

可給態リン酸→吸光光度計を用いるトルオグ法で測定

陽イオン→原子吸光度計を用いて測定

●果皮乾燥重量1gあたりのオーラプテン重量(mg)の測定方法

→高速液体クロマトグラフィー

**【結果】** 果皮乾燥重量1gあたりのオーラプテン重量(表1)を重回帰分析し、標準偏回帰係数と貢献度(表2)を出した。これらの結果から、土壌中のカルシウム濃度は低く、土壌中の窒素濃度が高いほど貢献度が高い結果となった。

**【考察】** Caは細胞構成成分として重要な元素である。しかし、Caは土壌中で分解され、根からの吸収を抑制され、樹体内で移動しにくいことから、葉面散布で葉に直接Caを与える方法がとられている。そのため、土壌に含まれるCa濃度は低くても問題はないと考える。このことから、窒素濃度が高い土壌で栽培することで、オーラプテンの含有量は高まるのではないかと考える。

重回帰分析結果	土壌中の濃度			
	N	Ca	P	Mn
標準偏回帰係数	0.62	-0.80	0.31	-0.11
貢献度	34%	44%	17%	6%

表2 重回帰分析の結果

o-1	3.98
o-2	3.05
o-3	3.12
o-4	4.22
y-1	4.03
y-2	3.34
y-3	3.22
y-4	3.24
s-1	2.61
s-2	3.59
s-3	4.01
s-4	4.16

表1 果皮乾燥重量1gあたりのオーラプテン重量(mg)

『この研究は JST グローバルサイエンスキャンパスのサポートによって実施しました。』

## ティランジアによる調湿に最適な環境条件

山口県立宇部高等学校 GSC広島

原田 茉優

### 【目的】:

エアプランツとして知られるティランジア (*Tillandsia*) は、葉上に存在する多くのトリコーム (図1) によって空気中の水分を保持できるため、高い調湿能力があると期待している。エネルギー問題解決への新しいアプローチとして、ティランジアの能力を利用した、非電力消費型の調湿を目的とする。本研究では、ティランジアの調湿能力と、効率よく調湿を行うための最適な環境条件を調査した。

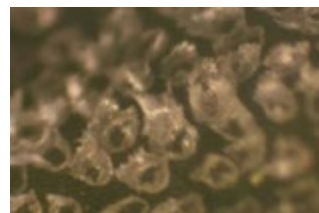


図1 トリコーム (40X)

### 【実験方法】:

飽和塩類によって内部を調湿した 750ml ガラスポットに、ティランジアを三個体ずつ入れ、データロガーを用いて、一定時間ごとの温湿度変化を計測した。また、環境条件としてティランジアの種類 (*T.ionantha*, *T.ionantha*'*Rubra*')、温度、照射する光色や光量子の大きさを設定し、各条件下での調湿能力を比較した。変更する環境条件以外の条件は各実験で下表1のように揃えた。

表1 基本条件

種類	<i>T.ionantha</i>
初期湿度	25%
温度	20-25°C
光色	(R,G,B) = (5,5,3.5)
光量子	8 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$

### 【結果】:

設定した環境条件と、各条件下での絶対湿度変化量を下表2に示す。また、絶対湿度の推移の例として、温度条件を変化させた場合のデータを示す (図2)。

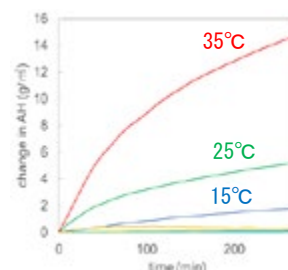


図2 絶対湿度の推移

表2 各条件下での 270 分後の絶対湿度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) 変化量

Variety of Tillandsia	Humidity (%)	Temperature (°C)	Light Color	Light Quantum ( $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ )
<i>T.ionantha</i>	10.21	15	Red	3.01
<i>T.ionantha</i> ' <i>Rubra</i> '	12.08	25	Green	3.44
control	5.66	35	Blue	3.57

▲各実験の左が変更条件、右が絶対湿度変化量をしめす

各実験で絶対湿度変化量が最大であった項目に色および太枠をつけた

### 【考察】:

ティランジアの調湿能力が、①ティランジアの種類にはほとんど影響を受けないこと、②初期湿度 75%未満の環境において加湿効果を示すこと、③15~35°Cの範囲では温度が高いほど大きくなること、④青色光が適している可能性があること、⑤光量子が大きいほど高くなること、の五点が明らかとなった。③については、ティランジアの原生地が中南米をはじめとした温暖な地域であるからではないかと推察できる。また、④については、青色光受容体であるフォトトロピンが植物の気孔開口を司っていることに関係していると考えられる。今後は適切な比較対象の検討とともに、データ数を増やし、ティランジア調湿器の実用化に必要な条件の特定を進めていく。

## 高湿度環境で蒸散するためのピレア・カディエレイの巧妙な戦略

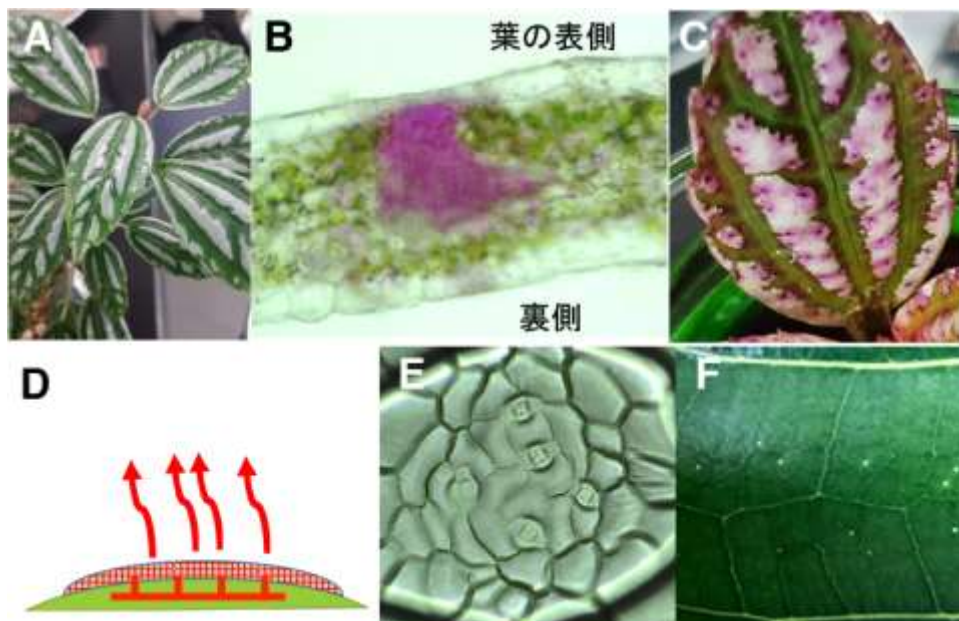
横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

榮前田 結

ピレア・カディエレイ (*Pilea cadierei*) (以後ピレア) はベトナムを原産とするバラ目イラクサ科の植物で、高温多湿・半日陰の環境を好む。一般の植物は光合成をおこなうために葉の表側は緑色のものが多い。しかし、ピレアは表側の大部分を白い模様で覆っている。私は白い模様は何のために形成されたのだろうか疑問に思って研究を始めた。

葉を脱色したところ、葉の表側の模様の部分の維管束上に穴のような構造があることに気が付いた。色水を茎から吸わせて観察すると実際に穴が染まって、さらに模様を広げる様子が観察された。つまりピレアは、葉の表側の穴から水を排出して模様を広げる性質があることが示唆された。ピレアが好む高温多湿で半日陰の環境では蒸散が難しいと予想されるが、穴から水を排出して模様を広げることで蒸発できる面積が広がり、効率的に蒸散させると推測される。

このような仕組みだと、乾燥した環境では急速に水分を失って枯れてしまうのでは無いだろうか？ このように考えながら穴を観察すると、穴の中には小さな気孔が密集していることが観察された。気孔は開閉ができるので、高湿度環境では気孔を開いて水を排出して、乾燥すると閉じて水分の流出を防ぐ賢い仕組みになっていると思われる。また私はイラクサ科に近縁のクワ科に属するフィカスウンベラータの白い模様が無い葉にも、似たような穴があることに気が付いた。フィカスは高温多湿の日向を好むので、穴から水を排出するだけで蒸散ができるのではないかと考えて、現在検証を行っている。



イラクサ科のピレア・カディエレイ(A)の茎から色水を吸わせると穴(B)から水が排出されて模様広がっていく(C)。これによって高温多湿の半日陰の環境でも効率的に蒸散できると思われる(D)。穴の中には多数の気孔が見られる(E)。似たような構造は、近縁のクワ科のフィカスの模様の無い葉でも観察された(F)。



## 耐乾性を持つ多肉植物が枯れる条件とは？

大阪府立富田林高等学校 科学部多肉植物班

柳澤 慶

**【目的】** 多肉植物の一種であるカネノナルキ *Crassula ovata*(図1)は、乾燥に強く、また切り離れた葉から生殖できるという特徴を持っている。そこで、切り離れた葉の生殖条件に関する実験を行ったところ、明所において約半年間生存したにも関わらず(図2)、暗所では早くて1週間で枯死した。この暗所で急速に枯死するという点に強い興味を持ち、原因を解明することを本研究の目的とした。



図1 カネノナルキ

**【実験方法】** カネノナルキの葉(各条件 100枚ずつ)を明条件(500~750Lux)と暗条件(1~15Lux)に置き(図3)、1週間毎に重量を記録した。さらに、蒸散と枯死の関係を調べる目的で、表面のみ、裏面のみ、両面にワセリンを塗布した3条件の葉と、塗布しなかった葉をそれぞれ5枚ずつ重量を計測した。加えて、明暗条件の気孔の開閉について顕微鏡で観察した。



図2 半年以上生存した葉

**【結果と考察】** 暗条件では、半数以上の葉が枯死した。この時、重い葉ほど枯死しやすく、葉重量と枯死率に正の相関が見られた(図4)。また、ワセリンを表面に塗布した葉と両面とも塗布しなかった葉、すなわち裏面にワセリンを塗布しなかった葉は重量が大きく減少した(図5)。さらに、気孔は葉の裏面に多く、明条件では閉じていたが、暗条件では開いていたことを確認した。暗条件では光合成ができず、呼吸(分解)が優位となり枯死したと推測されるが、図4の結果から、呼吸量は葉の重量に比例し、枯死率を高めたと考えられる。また、暗所で気孔が開いていたことから、蒸散によって水分を奪われたことが追い打ちをかけたと考えられる。



図3 恒温装置内の様子  
(上が明条件, 下が暗条件)

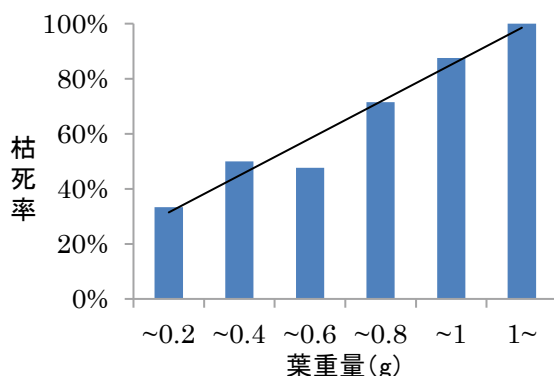


図4 重量と枯死の関係(暗条件)

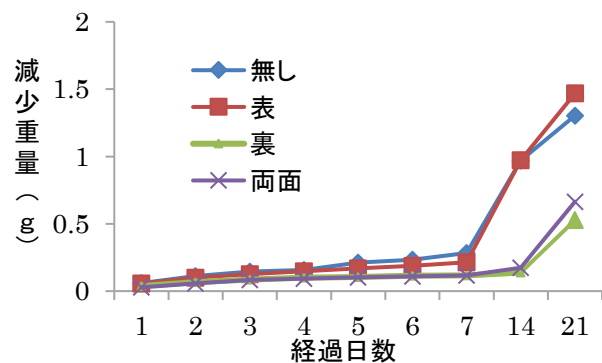


図5 蒸散と重量減少の関係(暗条件)

# 屈曲条件が豆苗の autostraightening に及ぼす影響

芝浦工業大学柏高等学校

野村雪月・嶋田悠也

### 【目的】:

屈曲条件が autostraightening に与える影響はあるのかを調べ、どのようなときにこの現象が起きるのかを調べるとともに植物の姿勢保持のメカニズムの一端を解明しようとした。

### 【実験方法】:

本研究では、成長が早く栽培が容易な豆苗を用いた。一定の高さまで成長した豆苗を以下の3つの条件で屈曲させ、その後の生育条件を変えることで、autostraighteningの有無を調べた。

- a. 豆苗を片側から8時から17時の間光を当てることで屈曲させ、その後暗所で放置をし、autostraighteningの有無を観察した。これを3, 5日間繰り返した。
- b. 茎が折れない程度に曲げた針金に3日間茎を沿わせて、屈曲させた。その後針金を外して、明所または暗所に放置し、3日間 autostraighteningの有無を観察した。
- c. 豆苗が屈曲するよう段ボールを設置し、豆苗の茎頂部が屈曲したところで3日間明所または暗所に放置し、autostraighteningの有無を観察した。

### 【結果】:

屋内と屋外での屈曲の差は誤差の範囲にとどまった。1日目と2日目では光屈性によって起きた屈曲の角度には大きな差が出たが、autostraightening後の角度にはほとんど変化が見られなかった。また、豆苗の成長に従って、autostraighteningの作用が弱くなることがわかった。光屈性による屈曲は autostraightening が観察されたものの、故意に起こした屈曲では観察されなかった。

### 【考察】:

autostraighteningの作用が弱くなることから豆苗の autostraightening には限界値があると考えられる。この作用の弱まりが豆苗の成長に伴って起きていることから、重力による影響がある可能性がある。そして、故意に屈曲させた場合は autostraightening が見られなかったため、autostraightening は植物自身が自ら屈曲した場合にのみ起こると推測できる。

# 植物の成長過程における力学的な「力」の研究

兵庫県立宝塚北高等学校 1年 GS科

原野紗耶加 土井ひなた

## はじめに

植物は触ると簡単に折れたり、葉が取れたりするなど、弱々しく見えるが、成長する際に土を持ち上げたり、アスファルトを突き破ったりするなど、強い力を発揮する場面もよく見られる。植物が成長する際には、数気圧から数十気圧の力の膨圧が生じると言われているが、植物種や生育条件によって変化する。今回、我々は、植物の上部にある障害物の重畳や硬度によって、障害物を「突き破る」か「持ち上げる」か「別の方向へ成長する」か、どのように決定しているのかを調べることにした。

## 材料と方法

植物試料として豆苗、カイワレ大根を用いた。植物の上部に置く障害物としては、様々な濃度に調製した寒天を用いた。

実験方法は、植物試料の種子を濡らしたティッシュペーパーに置き、その上に様々な濃度に調製した寒天を厚さ 1cm にし載せた。暗所に置き、水は 1日 1回与え、植物が寒天を突き破るかどうかが観察した。

## 結果

豆苗、カイワレ大根ともに、上部の障害物の硬度が低いと貫通しやすく、硬度が高いと貫通しにくく、寒天を持ち上げたり別の方向へ成長したりした。

## 考察

今回の結果から、硬度が低いときに寒天を突き破り、硬度が高い時は寒天を持ち上げたり、別方向に成長したりすると考えられる。今後、他の障害物で実験を進めていく必要がある。

## 参考文献

1)鈴木孝仁 監修"三訂版 フォトサイエンス 生物図録",数研出版(2016)

## 挿し木の成功率を上げるために

茨城県立並木中等教育学校 科学研究部 中学2年  
福田 百合野

### 【目的】

植物を増やす方法の1つに「挿し木」というものがある。挿し木とは、株の一部を切り取り、土や水に挿して、発根させたり芽を形成させたりする方法のことをいう。一見簡単にできそうだが、実際には、枯れたり腐ったりと成功させるのが難しい。そこで、本研究では、挿し木が成功する栽培環境と挿し穂の状態を明らかにするため、山紫陽花とペチュニアを使用して以下の実験を行った。

### 【実験方法と結果】

実験1. 発根における光の必要性とその強さ

発根するために必要な光の強さを調べるため、2 - 3枚の葉のある挿し穂を、異なる光の強さで栽培した。結果、約4900～2830luxでは、葉が褐変し、約1890luxでは葉の状態が良く、発根が多く認められた。



実験2. 挿し穂の葉の必要性

葉がない挿し穂を光のある条件で栽培した結果、栽培10日後から芽のもとが成長し、20日頃から発根が認められた。



図1 実験1の結果 葉・根の比較 (31日後)

実験3. 発根の位置

茎に節のある挿し穂を使って、発根してくる位置を調べた結果、節の近くから多く発根していた。

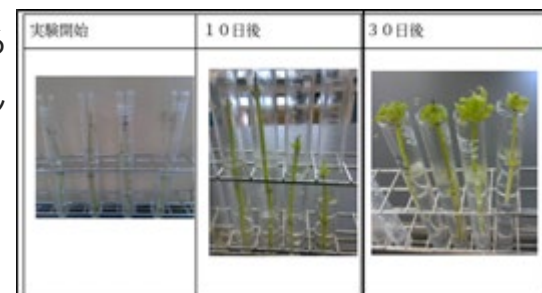


図2 実験2の結果 挿し穂の変化

### 【考察】

挿し木が成功する栽培環境については、

発根するために光は必要であること、

約1890luxの時、葉の状態が良く、最も多く発根することが分かった。

挿し穂の状態については、葉がなくても芽のもとさえあれば発根すること、根は節の近くから多く出ることから、節を残して節の少し下を切ると良いことが分かった。今後は芽の有無や芽の成長が発根に及ぼす影響などを調べる予定である。

## 光によるシロツメクサの根の緑化現象

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部

河野百羽

### 【目的】

シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) では、地上部が失われた際に、根において葉緑体が発達する緑化現象が起こることが知られている。私は寒天培地上でシロツメクサ (*Trifolium repens*) を種子から生育した際、根に光が当たり続けると地上部が失われていなくても緑化が起きることを発見した。そこで、光と根の緑化現象の関係に興味を持ち、いくつかの実験を行った。

### 【実験方法】

実験サンプルは、試験官に作成した寒天培地上で一定期間生育した。実験には、根への光のみを遮光する遮光条件、植物全体に光を照射する照射条件、遮光条件で生育している間に地上部を切除する切除条件を用意し、解析には独自に確立した方法を用いて、緑の度合いを緑度で評価している。以下の実験を行った。

- ①遮光条件と照射条件を用意し、種子からシロツメクサを育成。根の緑度を比較した。
- ②遮光群、照射群に加えて、遮光条件で生育した後に途中から照射条件に切り替えて生育する遮光+照射を用意し、根の緑度の比較をした。
- ③遮光条件と照射条件を用意し、種子からシロイヌナズナを育成。根の緑度を比較した。
- ④切除条件に加え、切除を行わないコントロール群を用意し、根の緑度を比較した。

### 【結果】

- ①遮光条件よりも照射条件の方で緑度の増加があり、シロツメクサの根は光刺激によって緑になることが示唆された。
- ②遮光条件よりも遮光+照射の方で緑度の増加があり、シロツメクサの根が緑になる現象は分化後の根組織でも起こることが示唆された。
- ③どちらの群においても緑度の有意な増加は無く、シロイヌナズナでは、シロツメクサでみられた光刺激による根の緑化は起きないことが示唆された。
- ④どちらの群においても緑度の有意な増加は無く、シロツメクサでは、シロイヌナズナで報告された地上部を除去による根の緑化は起きないことが示唆された。

### 【考察・今後の展望】

以上の結果から、シロツメクサにおいては、先行研究で報告されていた地上部の除去による根の緑化とは異なるメカニズムで、光刺激により根が緑化することが示された。根の緑化はオーキシンにより抑制されることが知られるため、現在、オーキシン添加群で光による根の緑化が起こるかを検証中。光による根の緑化の分子メカニズム解明につながることを期待される。

また植物全体の長さや葉の面積を計測することで、根の緑化による植物の生長への影響を定量的に示し、生物学的意義についても調べる予定。植物の生長の促進が認められれば、農業におけるより効率的な生産システムの応用に役立つと考えている。

## フィットニアの“白い葉脈”を構成する組織の解明

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

高木 蒼衣

キツネノマゴ科アミメグサ属のフィットニア (*Fittonia alvivenis*)は南米原産の熱帯性の植物であり、日本でも観葉植物として広く親しまれている。フィットニアの最大の特徴は、葉の表面全体に広がる白い網目模様であり、それは葉脈が白くなっているように見える。ほかの植物の葉にも葉脈は広がっているのに、フィットニアだけがこのような白くて太い網目模様になることに疑問を抱き、その構造を調べる研究を始めた。

フィットニアの葉に茎から色水を吸わせて観察すると、染色されたのは白い部分の中央のみであった。また白い部分ではないところについても葉脈が広がっていることが判ったので、白い模様は葉脈とは別であることが明らかとなった。葉を切断して断面を観察すると、葉の表側の葉脈の上には特殊な構造が存在しており、これが白く見えることで、フィットニアの白い網目模様になっていると推測される。

現在は、同じキツネノマゴ科に属するヒポエステス (*Hypoestes*)が持つ白い模様との構造の違いや、園芸品種として作られた赤い網目模様を持つフィットニアとの比較、といった研究を進めながら、“白い葉脈”を構成する特殊な組織について調べていく予定である。



図1 白く太い葉脈のような模様のあるフィットニアの葉(左)に色水を吸わせると、中央のみが染色された(中)。また白い部分以外にも葉脈が広がっていた(右)。

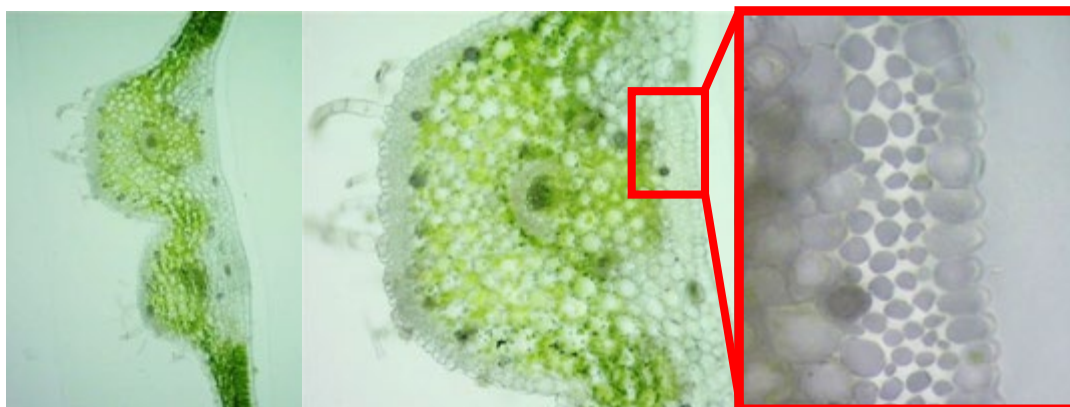


図2 葉の断面を観察すると、白い模様の上には不思議な構造が観察された。

グリーンドラムの不思議な葉の構造と巧妙な生存戦略  
 横浜サイエンスフロンティア高等学校 3年次 江藤 毬花

【背景】

グリーンドラムはマダガスカル原産のつる性多肉植物である。「緑の太鼓」という和名のとおり、丸く厚い葉を茎のところどころに付けている。その愛らしさに魅かれて2年次の1年間を使って研究した。3年次の12月頃から研究を再開し、さらに観察データを増やし、グリーンドラムの新たな一面を発見した。現在はそれらに関する考察を行っている。

【概要】

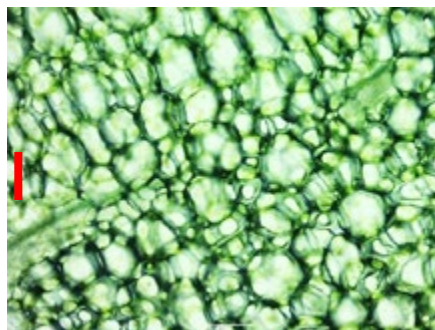
グリーンドラムには厚い葉と薄い葉の2種類がある。そのうちの厚い葉はすべて細長い細胞でできていた。そしてその構造は、葉の断面にある謎の直線を錯覚として見せることに関係しているらしい、という考察にいきついた。

ここまでは2年次のときに発見したものである。3年次ではグリーンドラムの新たな一面を多く発見した。たとえば葉によって細胞壁らしきものの厚さが異なることである。厚い葉に比べて薄い葉のそれが異常に厚い。しかもサフラニン染色するとその厚い部分が赤く染まらないことから、細胞壁でない可能性がある。またその厚い部分を立体的に観察するため、今まで葉の表面に対して垂直に切っていたのを平行に切り、断面を観察した。すると細胞壁や細胞膜が異常に厚いようなものは見られなかった。切片が薄すぎて細胞壁などを壊した可能性もあるので、いろいろな厚さの切片を切り出し、観察を続けている。

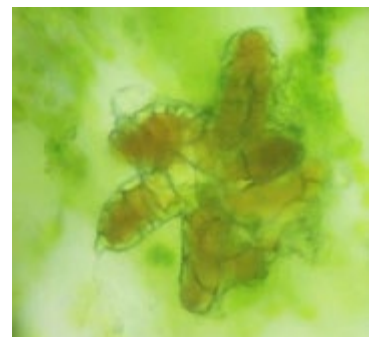
他には、葉の表面に凹凸のある小さい付着物があることを発見した。大きさは100  $\mu\text{m}$ ほどで、色は赤や橙色、透明の3種類を発見している。葉の表裏どちらにもあり、特に葉柄部分に多く存在している。指で拭うとすぐに取りれてしまい、おそらくグリーンドラムの代謝による副産物か別の生き物か、など仮説を立て、実験を行っている。



グリーンドラムの全体像



細胞壁のようなものが厚い細胞



凹凸のある謎の付着物

## 水面に浮かぶスイレンの葉はどのように水を供給するのか

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 2年 初川隼人

### 【はじめに】

スイレンは水草で、主に浮水葉を持つ被子植物である。私は、採取したスイレンの葉が枯れないよう、写真のように葉柄を水中に入れて保管した。しかし、翌日になってその葉を見ると、葉は写真2のようになっていた。葉は周縁部のみが枯れ、中心部には変化がなかった。私はこの状態をととても面白く思った。被子植物の多くは地中の根から水分の多くを供給しているが、ほとんどのスイレンの葉は常に水に触れているので、スイレンはどのように水を供給しているのか疑問に思い、それを明らかにすることを目的に研究することにした。



写真1

### 【実験方法】

実験①：葉柄のみを色水の中に入れ、内部の組織が染色されるか観察した。  
 実験②：同様に葉の裏側を色水と触れさせ、染色されるか観察した。  
 実験③：葉の裏側に色水を滴下し、表面部分が染色されるか観察した。



実験①の様子



実験②の様子

### 【結果】

実験①：葉の表面は染色されなかったが、内部は染色された。  
 実験②：葉の表面も内部も、染色された。  
 実験③：色水を滴下した部分のみが染色された。  
 以上から、スイレンは葉柄からも葉の裏側からも水を直接取り込めることが判明した。

### 【考察・今後の展望】

**スイレンの葉は、葉柄と葉の裏側の両方から水を取り込めるが、水を取り込んだ場所によって水が届けられる場所は異なる。**

また、本要旨には載せていないが、初めに観察されたように、どのようにしてスイレンの葉の周縁部のみが枯れて中心部が枯れないという現象が起こったのか明らかにする研究も行った。学会大会ではそれについても発表する。

また、今後は浮水葉との浮水葉の相違点や、水がどのような経路を通っているのか調べようと考えている。



## セネシオ・スケイポサスは葉に白い衣をまとう！ ～その正体にせまる～

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

下川 美咲

(指導教諭：中川知己教授、古橋卓教諭、根城知幸教諭)

南アフリカ原産のセネシオ・スケイポサス (*Senecio Scaposus*) は全身を真っ白な“毛”で覆っている多肉植物である (Fig.1.)。その特徴的な見た目に興味を持ち、研究を始めた。

葉に触れてみると、“毛”がペラペラのフィルム状にはがれることに気がついた。一般的な植物の毛は一本一本が独立して生えている。そのため、まとまってはがれることはないはずだ。一体なぜ、スケイポサスの“毛”はフィルム状にはがれるのだろうか。

ある日観察をしていると、スケイポサスの新芽はとて柔らかく、全体を眺めた時に最も白色が濃いことに気がついた。そこで、新芽の毛も同様なはがれ方をするのかを調べると、フィルム状にはがれることはなかった。新芽の毛の内側は、粘液で覆われていたのである (Fig.2.)。これを踏まえ、成長による毛の変化は毛のはがれ方に関係があると考えた。そこで、新芽と成長した葉を比較しながら詳しい観察を行った。その結果、新芽の時点の毛は分厚く密度が高いが、葉が成長すると毛は薄く密度が低くなっていることが判った。新芽の毛にインクを付け、約20日間観察を続けると、成長した葉全体にインクが広がってゆく様子が観察された (Fig.3.)。また、新芽の毛をはがし、はがした毛を押し伸ばして放置しておいたところ、乾燥して固まり、膜のようなものが出来ていた。

これらの結果より、葉の根本では新しい毛がつくられ、葉の成長に伴いその毛が薄く引き伸ばされてゆくと推測される。私は毛がフィルム状にはがれるようになるのは、粘液がやがて乾燥し固まるからではないかと考え、解析を続けている。



Fig.1.



Fig.2.

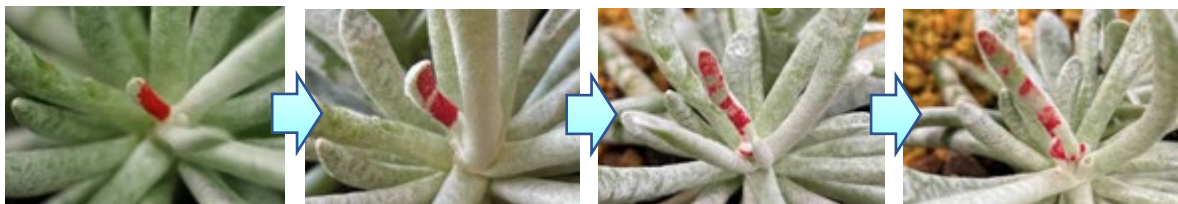


Fig.3.

## セネシオ属の葉の窓と構造の考察

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

森くるみ、北村茜

マサイの矢尻 (*Senecio kleiniiformis*) とグリーンネックレス (*Senecio rowleyanus*) は、キク科セネシオ属の多肉植物である。繁殖力が旺盛で栽培が容易であるため、日本では観葉植物として親しまれている。葉の形は大きく異なるが、私達は葉の内部と表皮の一部が透明であるという共通点があることに気が付いたので、このような構造の役割について調べた。

最初にそれぞれの葉の構造を調べた。マサイの矢尻は名前の通り矢尻型の葉をしているが、詳細に観察するとスプーン型やハート型など、1つの個体の中で形が異なることが判った。また矢尻型とスプーン型の葉の表側の大部分は透明であるが、ハート型の葉は基部の中央に分厚い緑色の表皮が広がっており、光が入る面積が制限されていると考えられる。グリーンネックレスの葉は球状で形が全く異なる。しかしグリーンネックレスと *Senecio articulatus* をかけ合わせて作出されたドルフィンネックレスと呼ばれる品種は、葉の形がマサイの矢尻を思わせるような形態になっており、さらに葉の表側全体の表皮が透明である。

私達は葉の表皮と内部が透明であることに着目して、葉の表面に当たった光が内部を拡散しながら広がっていくと予想した。レーザーポインターで葉の表皮を照射すると、実際にマサイの矢尻では葉柄や茎を通して他の葉に広がる様子が観察された。グリーンネックレスやドルフィンネックレスも同様に、窓から入射した光が葉の中で拡散される様子が確認できた。今後は、光を拡散する構造を持つことでマサイの矢尻やグリーンネックレスなどにどのような利点があるのか考察する。



図1 マサイの矢尻とドルフィンネックレス、グリーンネックレスの比較

## 被子植物の多くの葉に見られる厚い透明細胞層には

### どのような役割があるか

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

宮本 真優・千葉 心美・西島 礼

**【目的】**：私たちはムラサキツユクサ属の白絹姫 (*Tradescantia sillamontana*)、ガザニア (*Gazania rigens*)、セントポーリア (*Saintpaulia*) を観察している時に、葉の表側または裏側の大部分が透明であることに気が付いた。白絹姫は単子葉植物で、ガザニアとセントポーリアは双子葉植物である。私たちは被子植物に散在する透明な細胞層の役割や構造に興味を持ったので研究を始めた。

**【実験・観察と結果】**：最初に宮本は白く長い毛で葉の全体が覆われた白絹姫に興味を持ち、毛の構造を観察するために葉の横断面を観察したところ、葉の裏側の一部を除いて大部分が透明であることに気が付いた。酢酸カーミンで染色すると、透明な部分は複数の細胞層で構成されており、長い毛はそこから生えていることが判った。そこで実験室で育てられていた色々な植物の葉を切って観察すると、原始的な双子葉植物であるペペロミアも多層の透明細胞を葉の表側に備えていた。一方で白絹姫と同じツユクサ科で異なる属であるツユクサには、多層の透明細胞は観察されなかった。

独立に千葉は祖母の庭に生えていたガザニアを観察している時に、葉の表側の大部分が透明であることに気が付いた。ガザニアの場合は葉の裏面だけに白く短い毛がびっしりと生えており、葉の中央部分だけは裏側も透明で毛も生えていなかった。また西島はセントポーリアの葉を観察している時に、葉の表側のみが葉緑体が発達しており、裏側の大部分が透明であることに気が付いた。またセントポーリアは葉の表裏両面にアントシアニンが高度に蓄積されていた。

透明な細胞層は光に関係した役割があると考えてレーザーを照射したところ、白絹姫は表面の毛が光を強く散乱させる一方で透明組織では光を反射しないものがあった。現在、ガザニアやセントポーリアでも調べており、共通の役割があるかどうかを調べている。

**【考察】**：ペペロミアは原始的な双子葉植物なので、多層の透明な細胞層は被子植物で広く観察される。一方で大部分の被子植物の葉では表皮を除いて葉緑体が発達しているのも、特定の環境に適応するために収斂進化が起こっていると推測される。今後は共通の環境要因や毛の生え方の違いの意義について明らかにしていきたい。

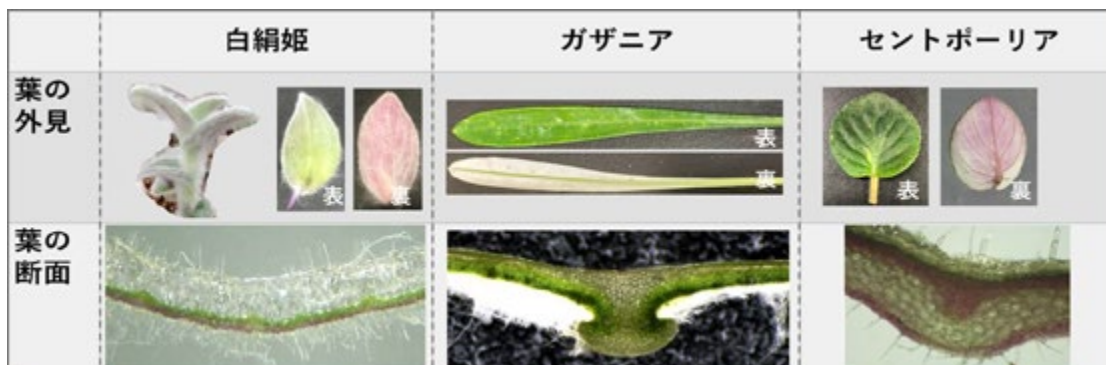


表 3種の植物の外見と断面の特徴

## オジギソウの電気測定による分析

立命館高等学校 1年 豊島 美咲

### 【背景・目的】

オジギソウは、刺激に対し活動電位によって葉を急速に閉じる接触傾性運動と概日リズムに支配される就眠運動を行い、いずれも葉枕の膨圧変化により運動が生じるが、異なるメカニズムによると考えられている。この関係につき、過去の羽片の運動の観察から、接触傾性は、覚醒時・就眠時に何らかの影響を受けるという仮説を立て、自作の実験装置等でオジギソウの表面から電気測定、分析を行うことでその仮説の真偽を探究した。

### 【実験方法】

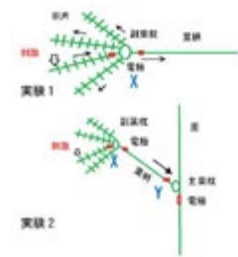
オジギソウに刺激（着火した線香で小葉に1回触れる）を与え、その反応を表面から電気測定を行うことで、数値化・視覚化した。

(サンプル数 実験1 20、実験2 12、実験3 A24 B12)

実験1 羽片と葉柄に電極（右模式図：X）を付け、刺激を与え、反応を終えるまでの電気を測定。

実験2 羽片と葉柄に電極（X）を付け、葉柄と茎にも電極（右模式図：Y）を付け、1と同様に、Yへ伝わる電気を同時測定。

実験3 羽片に刺激を与え、回復するまでの時間をA目視及びB電気測定により検証。



### 【結果・考察】

観察において、早朝は、刺激に対し暫く反応しない、閉じない羽片がある、周辺の羽片や主葉枕が先に反応する等が、就眠前の夕刻では、反応時間が短い、反応途中で終わる、閉じた後開かない、羽片を内に寄せ閉じる（就眠時にとる形態）等の特徴がみられた。

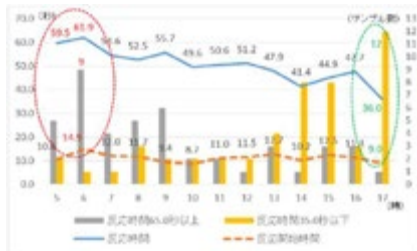


図1 実験1 反応時間と反応開始時間の平均

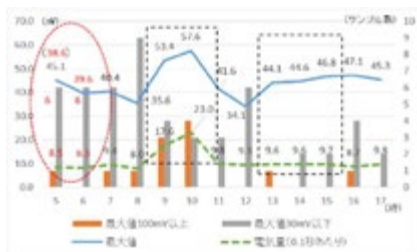


図2 実験1 最大値と電気量 (0.1秒あたり) の平均

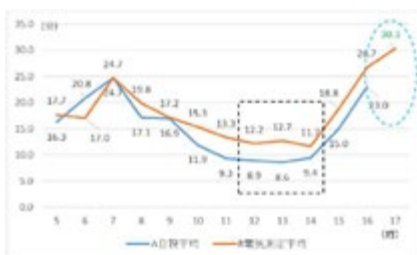


図3 実験3 A・Bの回復時間の比較

実験1の羽片の反応時間と反応開始時間（刺激を与えてから10 mV以上の値を最初に示すまでの時間）を図1に、反応中の電圧の最大値と0.1秒あたりの電気量を図2に示した。図3では実験3の反応から回復までの時間をグラフ化した。実験結果から、覚醒直後の5、6時は、他の時刻に比べ①反応時間が長い②反応開始が遅い③電気量が低い（赤点線）と言え、刺激の伝わりが円滑でないと考えられる。また、就眠前の17時は、①反応時間が短い②反応開始が速い③回復時間が長い（緑点線）ことと共に、実験準備後小葉が開かず測定不能になることが多いことも特徴と言える。これら電気測定の結果は、観察での反応の根拠となり、同じ葉枕を共用する就眠運動は接触傾性に影響を及ぼすとする仮説を支持するものといえる。

さらに、観察では特徴的な反応はないが、測定結果から9、10時では電気量が大きい反応が多く、12～15時は、反応時間、電気量、回復時間にばらつきが少ないことが分かった（黒点線）。ここから、接触傾性は、時間帯により反応時間や電気量に違いがあり、終日一定の反応ではなく一日のリズムがあると考えられ、生物時計の影響を受けていると推測できる。

ユリの花粉管誘導VI ～胚珠は花粉管の接近を感知するのか～

名古屋市立向陽高等学校 国際科学科 2年

内田月和子 新田南 森島彩貴 渡邊咲南



はじめに

単子葉類であるユリの胚珠からの花粉管誘引については、これまでにほとんど報告がなされていない。ユリの花は非常に大きく、花粉管誘引の仕組みについても他の花とは異なった特徴を持つ可能性が高い。これまでの先輩方の研究から、タカサゴユリの雌しべの柱頭内壁・花柱上部・胚珠周辺には花粉管誘引物質が存在していることが確認されている。私たちは、タカサゴユリの胚珠は、開花から閉じるまでのどのタイミングで花粉管誘引物質を分泌するのか？早くから分泌すると飽和してしまうのでは？という疑問を持ち、胚珠は花粉管の接近を感知しているのではないかという仮説を立てて実験を行った。

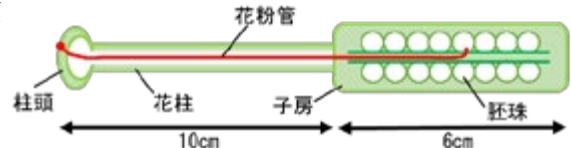


図1 ユリの雌しべ

方法 (開花後の日数が異なるタカサゴユリの雌しべについて)

- ・受粉した子房と未受粉の子房から遠心で液を取り、寒天培地上に置いて花粉管誘引を調べた。
- ・寒天培地に受粉後と未受粉の胚珠を埋めて花粉管誘引を調べた。

結果

未受粉でも開花後2日程度経過すると、胚珠は花粉管誘引物質の分泌を始めるが、開花直後には花粉管誘引物質をほとんど分泌していないことがわかった。これらの結果は、遠心して得た液の実験と寒天培地に胚珠を埋めた実験で、同様であった。



図2 未受粉の胚珠

開花中に受粉して、花粉管が子房に届く直前(受粉後約30時間)の子房は誘引を示したが、開花からの時間を等しくした未受粉の子房は誘引を示さなかった。

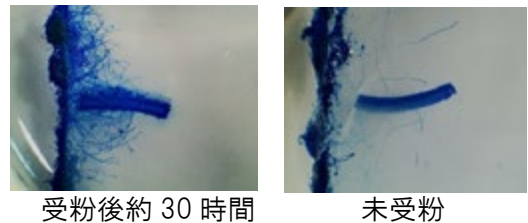


図3 受粉の有無による誘引の違い

考察

タカサゴユリの子房は、未受粉の場合、開花から1日以内は花粉管誘引物質をほとんど分泌していないが、2日目以降は、未受粉でも誘引物質を分泌する。しかし開花直後でも、受粉して花粉管が接近すると、胚珠はそれを感知して誘引物質の分泌を始める可能性が高いと考えられる。

参考文献

- ・2020年 名古屋市立向陽高等学校 国際科学科  
「ユリの花粉管誘導IV ～なぜ花粉管は270個×6列の胚珠にいきわたるのか～」
- ・東山哲也 ”受精の仕組み” Rika Tan(2016) 6月号
- ・Sunran Kim et al PNAS vol. 100, 16125～16130

謝辞

名古屋大学生命理学専攻生殖分子情報学研究室 東山哲也教授、金岡雅浩講師にご助言いただきました。この場をお借りして感謝を申し上げます。

校内の水路で見つけたマリモ状藻類の巧妙な戦略

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

矢田目 翔理

私は4月に横浜の高校の水路で1cmほどのマリモのような緑色の球体(図1)が沈んでいるのを発見して興味を持ち、この藻類の正体について研究することにした。この藻類を持ち帰って実験室で観察すると、ゲル状の物質の中に糸状組織が分岐しながら放射状に伸びている様子が観察された(図2, 3)。マリモとして知られる *Aegagropila linnaei* は緑藻の一種であるが、糸状組織が放射状ではなくフェルトのような繊維状に発達するようである。大きさも異なるので、このマリモ状の藻類はマリモでは無いと判断した。撮影した写真を専門家の方々に送り知見をいただいたところ、緑藻類ケートフォラ (*Chaetophora*) 目の藻類であることが分かった。インターネットや論文等を検索したところ、ケートフォラ目は細胞の形態についての記載はあるが、ゲル状物質の役割については全く記載されていなかったもので、これについて調べることにした。

ケートフォラをスライドガラス上で観察した後で片付けずに放置してしまっていたことがあった。ケートフォラは水分を完全に失ってスライドガラスに貼り付いてしまったが、水に浸しておくとも再び元の球状の形に復活することを発見した。しかし数日後には退色してしまい、試行錯誤しても緑色の状態のままで復活させることができなかった(図4)。

高校の水路でケートフォラがまばらにしか存在しないことを疑問に思って上流を探索すると、吸水口のパイプやその近くにケートフォラが群生していることを発見した。これらを観察すると、ケートフォラは球状の中心に植物片や石などを抱えており、さらに全体が何かに着生していることが多かった(図5)。着生部分をよく観察すると多くの場合、基部に糸状細胞とは異なる球状の細胞が存在しており、そこから糸状細胞が伸びていることが示唆された(図6)。おそらくケートフォラの細胞は着生と光合成の役割を果たす2種類以上の細胞に分化していると推測される。

図1



図2



図3

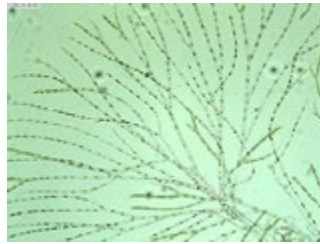


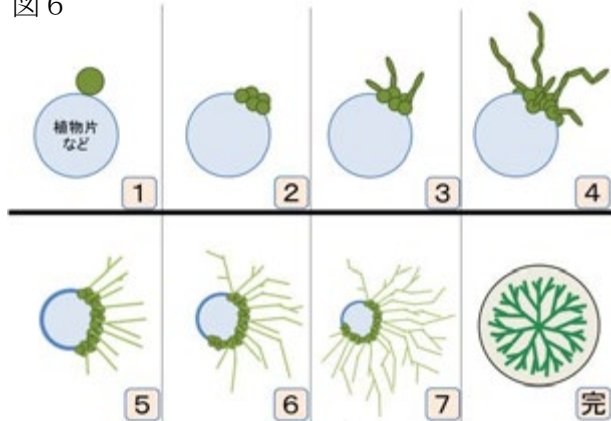
図4



図5



図6



## アオコの発生防止～ハシビロガモの回転運動でアオコを防ぐ～

流山市立西初石中学校

杉山珠桜里

## 【背景・目的】

柏の葉アクアテラス調整池は、アオコの発生が問題となっている。アオコ発生条件の一つである水の滞留を防ぐために、ハシビロガモの回転運動の利用を考えた。ハシビロガモは回転運動を行い水底からプランクトンを浮き上がらせて食べる。ここではハシビロガモの回転運動を模した回転装置（図1）を作成し、アオコ発生への影響を調べた。

## 【実験1】

作成した回転装置を使って、池の4地点から採取した水について、回転運動の有無で水温・pH・気泡の数、リン酸濃度を比べた。pHは全ての地点において回転運動ありで採水時と同程度に低かった。気泡の数も回転運動ありで少なく、光合成をおこなう藻類の数が少ないと考えられた。リン酸濃度の値は、回転運動の有無で違いは認められなかった。これらより、回転運動は池の藻類の発生にある程度の影響を与える事が分かった。

## 【実験2】

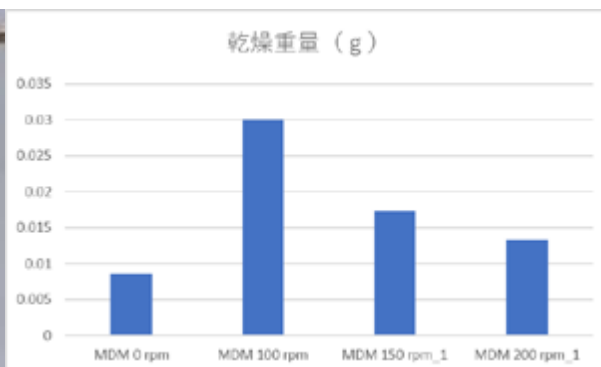
培養系を用いて2種類の回転運動の影響を調べた。培養した *OscillatoriaAnimalis* (NIES\_206株)の組織は、5回のピペッティング処理では破壊されなかった。1週間の振とう培養（0rpm、50rpm、100rpm）では、振とうのあった方でNIES\_206株はよく増えた（図2）。これらより、培養液全体を攪拌する回転運動ではNIES\_206株はダメージを受けず、逆に増殖を促すことが分かった。

## 【考察】

池の水で運動装置を使った実験と培養液全体を攪拌する培養実験の結果は違っていた。回転運動の条件の違いが影響したと考えられ、今後は回転運動の条件を検討したい。



〈図1〉回転装置



〈図2〉回転速度別の乾燥重量。MDMは培養に使用した培養液のことである。

## 虫を誘うネジバナ

## -螺旋の花はどのように風を利用するか

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

野村菜結

ネジバナ (*Spiranthes sinensis* var. *amoena*) はラン科の植物であり、連続して咲く小さな花を螺旋状に形成する。螺旋の意義については、重さの偏りを無くすなど個体のバランスを保つのに必要との説が見つかる。しかし私は、隣り合う花同士の角度が小さい直線状の個体や、反対に大きい放射状になっている個体を観察の中で見かけた。このことから前述の説の説得力を欠くように思いネジバナの花の並び方の法則や意義について調べる研究を始めた。

虫媒花であるネジバナの花の役割は虫に対するアピールであると考えられ、実際に野外では小さなハナアブやアリが寄ってくる様子が観察された。この観察中に、風に吹かれたネジバナの揺れ方が螺旋状と直線状で異なることに気づき、私は、ネジバナは風を利用して虫を誘うために螺旋を描くと仮説を立てた。ネジバナの構造には、気流に影響することによる匂いの制御や目に止まりやすい揺れなど、虫へのアピールという利益があるのではないかと考え、花の配置と風の関係について検証と考察を行うことにした。

ネジバナの匂いは夏に終わってしまったため、柔らかいシリコン素材を軸に用いた立体の模型を製作し実験を行っている。現在は野外の風を利用し、螺旋状、直線状、放射状における揺れの違いを観察している。また煙を用いて風がネジバナを抜けた後の気流を観察し、虫へ匂いを効果的に届けるための風の制御を考察していく。





## ナラ菌の単離について

玉川学園高等部 1年 SSH リサーチ生物

川口 音寧

### 【目的】

近年、里山に人の手が入らなくなったことを主な原因とするナラ枯れ病が日本全国に広がり、ブナ科の樹木の枯死が増加している<sup>(1)</sup>。玉川学園内の樹木もナラ枯れによる枯死が多数確認されていたため、ナラ菌に関する研究を行う。ナラをそれぞれ異なる樹木片に植え、ナラ菌の広がりやすい樹木と枯死しやすい樹木の関係性を調べる必要がある。そのため、今回準備段階としてナラ菌の単離を試みた。

### 【実験方法】

ナラ菌と共生しているカシノナガキクイムシが木に穿入する際に排出するフラスを採取し、PDA 培地にそのまま撒いた。PDA 培地を 22℃で保管し、発生したコロニーの中からナラ菌と類似したものをディスポールプで別の PDA に移し替える作業を繰り返すことで PDA 上にナラ菌と類似した菌のみがある状態にし、実体顕微鏡で観察した。また、実体顕微鏡で観察してナラ菌と類似する菌糸があった場合、光学顕微鏡にて観察した。

### 【結果】

ナラ菌と類似した菌を実体顕微鏡で観察したところ、ナラ菌の特徴である丸い胞子が観察された(図 1 A)。そこで光学顕微鏡で観察したところ、ナラ菌とは異なる図のような三日月型の胞子が観察された(図 1 B)。

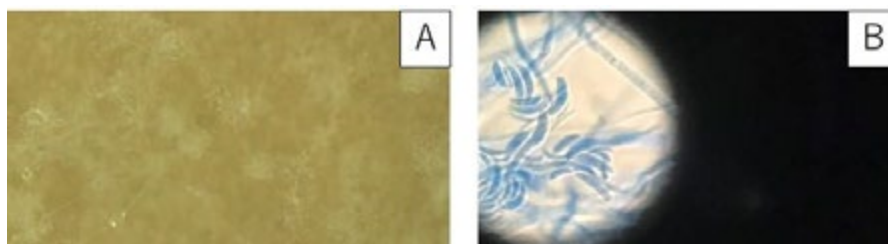


図 1 菌の顕微鏡写真 A：実体顕微鏡 B：光学顕微鏡

### 【考察・今後の展望】

観察された胞子が三日月型であったことから、今回観察された胞子はナラ菌ではないと考えられる。ナラ菌を単離出来なかった原因としてはフラスを木の根本から採取したため他の菌が混ざってしまったことが考えられる。今後は継続してナラ菌の単離に取り組み、菌と樹木の関係性を調べる研究を進めていきたい。

### 【参考文献】

(1)：森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会

「ナラ枯れの被害をどう減らすか ―里山林を守るために―」

## トウモロコシ黒穂病菌の感染経路を探る！

横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校  
寺島 寛那, 山崎 葵

買ってきたトウモロコシの皮をむいたら、粒が膨れ上がり中が真っ黒になっているものが現れた(写真1)。その特徴的な見た目に興味を持ち調べたところ、トウモロコシ黒穂病という病気に感染していることがわかった。感染したトウモロコシを食用としている地域もあるようだが、日本では食品として流通させることはできない。また、撒かれた胞子は土中で数年生き延びることもあり、農家にとっては厄介な存在である。どこから侵入し、感染するのか未だにわかっていないこともあり、有効な病害対策もない。

トウモロコシ黒穂病菌(*Ustilago maydis*)は担子菌類のクロボキン目に属するカビで、主にトウモロコシに感染する。

肥大化している粒(写真2)を取り出し、顕微鏡で観察したところ、周りは白い分厚い膜でおおわれており、中には胞子が詰まっていた。切って断面を観察したところ、白い膜が二重構造になっていた。また、白い膜が薄く、二重構造になっていないものもあった。

また、感染したトウモロコシは一粒のみ肥大化しており、隣接する粒は症状が確認できなかった。このことを受け、感染経路や感染方法について疑問を持ちトウモロコシを分解したが、菌糸を観察することができず、感染経路の確認はできなかった。

そこで菌糸の染色方法などを調べるためにも人工的に培養したいと考え、まずは黒穂菌の胞子が発芽するために何が必要なかを調べることにした。

培地としてPDA培地、コーンフラワー培地、純寒天培地の3種類を試したところ、他の菌が繁殖してしまい、純粋培養はできなかった。胞子表面に雑菌が付着していると考えたため、画線培養法、希釈培養法で黒穂病菌のコロニーを作ること为目标とした。

培養方法を確立し、菌糸の染色方法を調べ、感染したトウモロコシ内の菌糸を染めて改めて観察したい。そして感染経路、感染した状態での菌糸の状態、感染時期、他の単子葉植物へも感染するのか等、黒穂菌について解明したい。



写真1 トウモロコシ黒穂病菌に感染したトウモロコシ



写真2 肥大化している粒

## 国産カブトムシの体色変異について

玉川学園高等部 2年 SSH リサーチ生物

久保田 楓雅

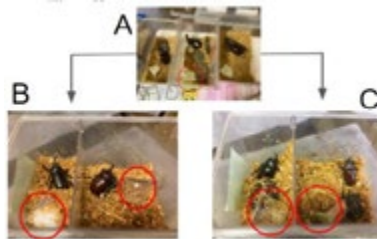
【目的】 現在世界にはおよそ 100 万種の昆虫が確認されている。その中には特徴的な体色を持つ種も存在し、擬態など身を守るためであると考えられている。本実験に使用した国産カブトムシは体色が赤色と黒色に変異することが分かっている。この変異はどのような原因、意図があるのかを調べるために以下の実験を行った。

### 【実験方法】 実験 1：幼虫時代の環境実験

	Aグループ	Bグループ	Cグループ	Dグループ
幼虫の工サ	発酵マット	発酵マット	腐葉土	腐葉土
冬眠	有	無	有	無

幼虫を 4 つのグループに分けて異なる環境で飼育した。この実験で体色変異に影響があれば体色変異の原因となる成分等を見つけられると考えた。

### 実験 2：体色ごとの成虫の行動観察



A: 工サは 8:00 に交換、補充をした。

B: 17 時頃に撮影

C: 翌 8 時頃に撮影

体色ごとに活動時間が変わるのかを餌を食べる時間をもとに調べた。

### 【結果】

#### 実験 1：幼虫時代の環境実験

すべてのグループにおいて、赤い個体の割合が黒い個体の割合と同じまたはそれ以上という結果になった。

#### 実験 2：体色ごとの成虫の行動観察

8:00 に交換補充した餌を 17:00 に確認すると赤い個体はすべて餌を食べきっていたのに対して黒い個体はほとんど食べていなかった。しかし翌日の 8:00 に確認すると黒い個体も餌を食べきっていた。

### 【考察】

#### 実験 1：幼虫時代の環境実験

今回使用した幼虫の餌と冬眠の有無は体色変異に影響を与えないと考えられる。

#### 実験 2：体色ごとの成虫の行動観察

赤い個体は 17 時まで餌を食べていることから昼行性であり、黒い個体は翌日の 8 時まで餌を食べたことから夜行性であると考えられる。

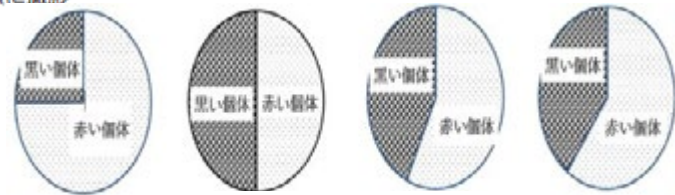
### 【今後の課題】

#### 実験 1：幼虫時代の環境実験

幼虫の環境を変える実験では羽化する前に死亡する個体があり、グループごとに個体数のばらつきが生じてしまい、実験で得たデータには誤差がある可能性が高かった。今後同様の実験を行う際には幼虫が出来るだけ死亡しないような飼育法を確立する必要がある。

#### 実験 2：体色ごとの成虫の行動観察

黒い個体は夜間に活動する事が判明したが、赤い個体は日中に餌を食べてから翌日まで餌の補充を行わなかったため、赤い個体が夜間に活動するかを明らかに出来ていなかった。なので次回は餌を与える時間帯に注視して実験を行いたいと考えている。



□ 赤い個体 ■ 黒い個体

左円グラフから A・B・C・D グループ

## 緩衝液中でのクモ糸の高強度化

玉川学園高等部 2年 崎山 真喜人  
信州大学繊維学部 館林 有加・矢澤 健二郎

【目的】クモ糸は軽量でありながら強度と延伸性に優れている特長を有する。そのような長所を有するクモ糸であるが、クモの体内ではどのように形成されているのか興味を抱いた。そこで私は、2021年秋から玉川学園高等部の構内でも頻繁に観察されるジョロウグモを用いて研究を行った。試しにクモの腹部を解剖し、体内にある分泌腺を調べると内容物は液状であり、糸ではなかった。分泌腺内の内容物は、水中に可溶化した。クモは体内にシルクタンパク質溶液を保管しており、分泌腺内で pH や含水量などを精密に制御して糸に変換していると考えられている。一方で、シルクタンパク質が外部に射出されて繊維化する際の pH の影響については、これまで未解明であった。本研究ではクモの糸射出口を pH 緩衝液に浸けた状態で糸を生成させ、クモ糸の物性に及ぼす緩衝液の pH の影響を明らかにすることを目的とした。また、クモの糸生成の仕組みを解明し、生物学的な知見を深めつつ、他の生物、植物への応用の足掛かりとなることを目指した。

【方法】玉川学園高等部の構内で採集したジョロウグモを実験に利用した。脚が外に出ないように、ジョロウグモをスポンジの間に挟んだ後、プラスチック容器内で、クモの糸の射出口だけが浸る状態に pH 緩衝液 (pH=3, 5, 7, 9) を調整し、ジョロウグモの糸の射出口から糸を巻き取り装置で採集した (図 1)。容器に蒸留水を入れた状態と入れない状態で糸を採集し比較対照試料とした。回収した糸を走査型電子顕微鏡、引張り試験、広角 X 線散乱について、信州大学繊維学部の矢澤助教の御指導・御協力のもと、分析を行った。

【結果】走査型電子顕微鏡での測定により、水中や空気中で糸を巻き取った場合に比べて酸・塩基条件では糸の直径が大きくなる傾向が見られた (図 2)。また、引張り試験の結果から、水中及び空気中で糸を巻きとった場合より強度とタフネス (破断に要するエネルギー) が向上した。さらに、広角 X 線散乱の結果から、緩衝液中での巻き取り時では結晶化度が向上していた。

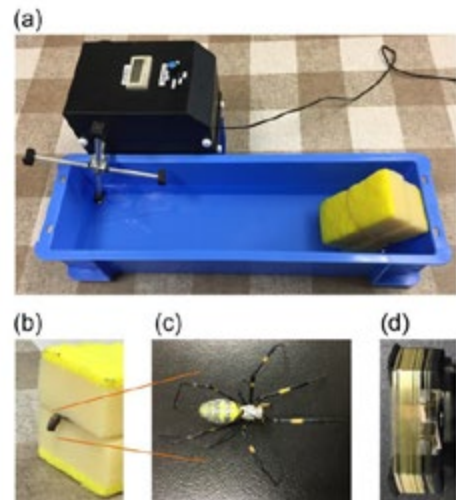


図 1: 緩衝液中でのクモ糸採集の様子  
(a)全体図, (bc)スポンジ内のジョロウグモ,  
(d)採集された糸

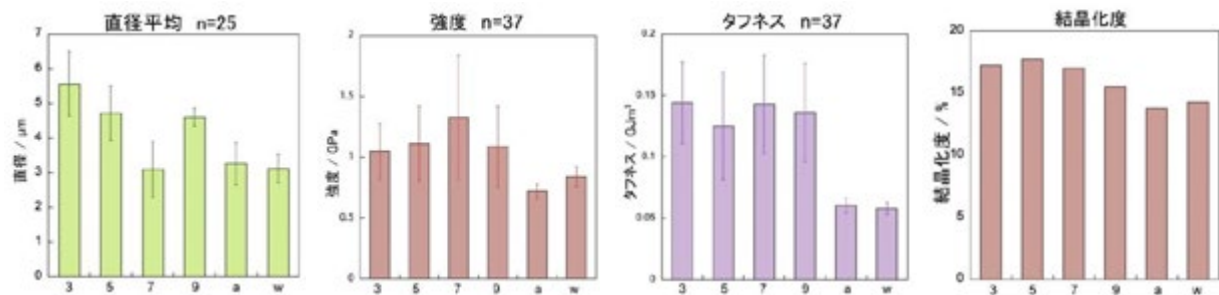


図 2: クモ糸の直径、強度、タフネス、結晶化度の pH 依存性 (3=pH3, 5=pH5, 7=pH7, 9=pH9, a=空気中, w=水中)

【考察】今回の実験から、緩衝液や水中であっても、空気中と同じく、天然のクモ糸を形成することを新たに発見できた。また、緩衝液中での紡糸で、より強固な糸の作成に成功した。空気中や水中に比べ緩衝液中のクモ糸の直径やタフネスが向上していたのは、pH 緩衝液に含まれている塩の影響が考えられる。緩衝液に含まれる塩がシルクタンパク質中の水和水を親和することで、シルクタンパク質の分子間水素結合の形成が促進され、結晶化度の向上につながったと考えられる。また、緩衝液中の環境下において、クモが糸状の筋肉を調整し、糸に関わる力を制御している可能性も考えられる。今後はクモの糸射出口付近の筋電位の測定や、塩濃度を種々に調整した緩衝液でクモ糸の採取を行い、クモ糸射出口の機能や働きを解明していきたい。さらに、タンパク質性繊維であるクモ糸とは対照的な、セルロースなどの多糖性繊維で構成される植物体との構造や力学物性の違いを調べてみたい。

## 雑草を用いた生分解性紙の抄造

市川学園市川高等学校 2年

松村うい

【目的】：紙を作るために木材を伐採することは環境に悪影響である。本実験は身近に沢山あり、かつ木材と同じく紙の原料（セルロース、ヘミセルロース）を含む雑草を用いて紙を作る事で、生分解性であり、環境へ配慮した紙を作ることや、雑草を有効に活用する事を目的とした。雑草や葉を用いて紙を作り、その強度やインクの滲み具合を調べることにより、印刷可能な紙であるかを考察した。

【実験方法】：和紙の作り方を模倣して雑草から紙を作った。本研究では、シロツメクサ *Trifolium repens*、エノコログサ *Setaria viridis* を用いて、水と重曹に混ぜて1時間煮立てて柔らかくした。続いてざるに移し、緑色ができるだけ抜けるように洗浄した。次に、これらをすり鉢で細かくすりつぶし、水と洗濯糊に混ぜたら平らな容器に流し入れ紙漉き機ですいた。その後よく水気を取り、重石を乗せて一日乾燥させた。

作製した紙(図1)を用いて、(1)外形(大きさ・手触り・繊維・色)、(2)様々なインクを用いて文字を書いたときの様子、(3)折り曲げた時の様子、(4)紙の強度について測定し、比較した。

コピー用紙/シロツメクサ/①(少) / ②(多)	
シャープペン	あやばら
ボールペン	あやばら
油性染料(細)	あやばら
(粗)	あやばら
油性染料	あやばら
水性染料	あやばら
水性染料	あやばら

図1 インクで書いた様子

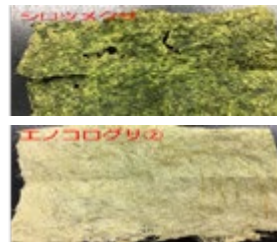


図2 折り曲げた紙のようす



図3 紙の強度の測定

### 【結果】：

- (1)シロツメクサの繊維は細く短く、エノコログサは、太く長かった。またシロツメクサの色素は抜けづらく、濃い緑色であった。
- (2)シロツメクサは紙の濃さが原因で、どの文字も読みづらかった。エノコログサは油性顔料のみ滲みが見られた。シャープペン以外のインクでははっきり読む事ができた(図1)。
- (3)折り曲げたらシロツメクサのみ破れた。また、シロツメクサに強くしわが残った(図2)。
- (4)作成した紙にペットボトルを吊るし、水量を増やしたところ、シロツメクサは600gで破れたが、エノコログサは2000gでも破れなかった(図3)。

【考察】：雑草を用いて作製した紙の性質を検討すると、文字に関して、シロツメクサは色の濃さ、凹凸がエノコログサ②は繊維が太すぎたことが文字の見えにくさ、書きづらさの原因だと考えられた。折り曲げや強度がシロツメクサよりエノコログサの方が優れていたのは繊維の太さ、長さがエノコログサの方が長い事によるものだと考えた。

これらのことから、イネ科で繊維の長いエノコログサの方がシロツメクサより抄造に適しているが、繊維を太くしすぎると滲みが生じることがわかった。雑草を用いた紙が使用に耐えるかは、さらなる工夫が必要である。

# モジホコリの探索行動に及ぼす反復寒冷刺激の影響 ～面積変化率を用いた行動解析法の提案～

岡山県立津山高等学校 理数科 岡 倫太郎 妹尾 和磨 奥 かさね 中島 里桜 渡邊 芽衣

## 1. 概要

先行研究では、寒冷刺激によってモジホコリ(粘菌)の探索行動\*が抑制され、周期的な刺激(以後、反復寒冷刺激と呼ぶ)を学習し、刺激を与えていないにもかかわらず周期的に探索行動が抑制されることが示唆されている。私たちは先行研究の手法で追試を試みたが、明確な結果を得ることができなかったため、粘菌の探索行動の方向を制限しない平面寒天培地を用いて面積変化率を測定する手法を考案した。その結果、粘菌の探索行動に及ぼす反復寒冷刺激の影響を、より詳細に定量分析でき、粘菌の学習効果をより高い再現性を持って検証することが可能となった。

\*餌に接していない状態で培地上を広がる行動

## 2. 実験方法と結果

### ○予備実験

【実験方法】直線状寒天培地の端に、粘菌を設置。カメラで10分毎に記録。定規を用いて計測、分析。刺激によらない速度の低下で学習を判断する。



※実験条件:反復寒冷刺激

【(25°C50分→23°C10分→25°C10分)×3回】

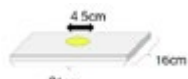
→【25°C。4回目の寒冷刺激なし】

### 【予備実験の結果】

25°Cの50分間では一定の速度で進まず、23°Cの10分間では確実に減速しなかった。→先行研究の直線状寒天培地では明確に学習を確認できなかった。これは粘菌の探索行動を一方方向に制限しているためであると考えた。

### ○実験

【実験方法】粘菌を培養した後、平面寒天培地に設置し、カメラで10分毎に記録。PCで画像処理、面積測定。条件設定は予備実験と同様。恒温条件下において対照群と面積変化率を比較し、t検定を行って有意差と分布を確認する。



### 【実験の結果】

寒冷刺激を与えた際、有意差がないところもあるが面積変化率の平均値が小さくなり標準偏差も小さくなった。実験群の270分後は有意差もなく標準偏差は小さくなったものの面積変化率は大きくなった。

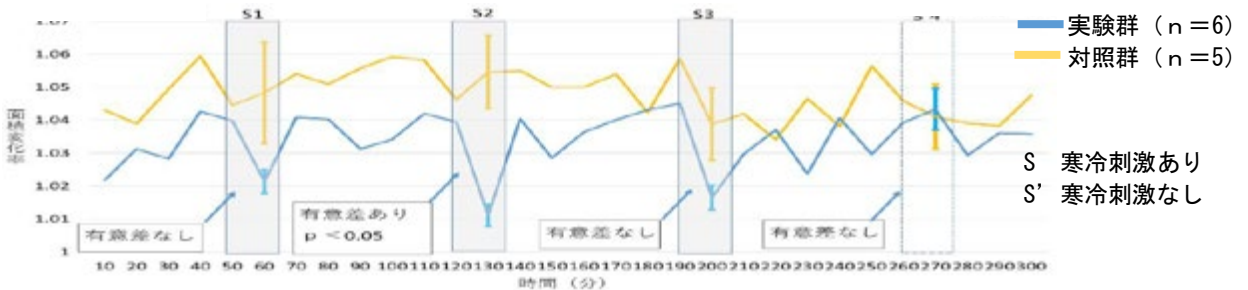


図1 寒冷刺激による面積変化率の増減(実験)



図2 実験の分布 寒冷刺激あり(60分後) 寒冷刺激なし(270分後)

## 3. 考察

・私たちが考案した平面培地を用いた面積変化率測定法は粘菌の探索行動を制限しないため、寒冷刺激による探索行動への影響、学習効果の検証が可能である。

・私たちの粘菌では、寒冷刺激による探索行動の抑制は見られたが、学習は見られなかった。先行研究では、温度による刺激と同時に湿度による刺激も行っている。私たちの実験では設備の都合上湿度を制御することができなかったが、面積変化率と温度、湿度の関係を見ると粘菌の探索行動には温度よりも湿度の方がより大きな影響があると考えられる。

## 4. 参考文献

- ・中垣俊之, 粘菌 その驚くべき知性(2010)
- ・中垣俊之, 粘菌 偉大なる単細胞が人類を救う(2014)

## 緑茶カテキン類による染色の抗菌性

神戸大学附属中等教育学校

長島真由

## 【序論】

抗菌性で知られているカテキンを強力にかつ持続可能な抗菌方法として役立てるために、本研究ではカテキン染色による抗菌に着目した。理想的な抗菌を実現するためには、強い抗菌効果があり、持続する染色条件を見つける必要があった。持続性を持たせるためには、抗菌成分であるカテキン類を繊維に適度な強さで結合させる必要がある。

## 【調査方法】

染色の抗菌力と染色の結合力の2つを指標として、最適な染色条件を求める実験を行った。本研究では、緑茶カテキン類溶液での染色、銅媒染液での後媒染を行う上で、濃度に関する複数の染色条件を用意し、2つの実験を行った。

最初の実験では、銅イオンとカテキンを用いて染色した5種類の繊維の抗菌作用をハロー法で検証した。2つ目の実験では、分光光度計による吸光度測定を用いて、染色した製品を水に浸したときの、水中のカテキン、銅イオン、銅カテキン錯体の濃度を測定し、結合力を定量化した。

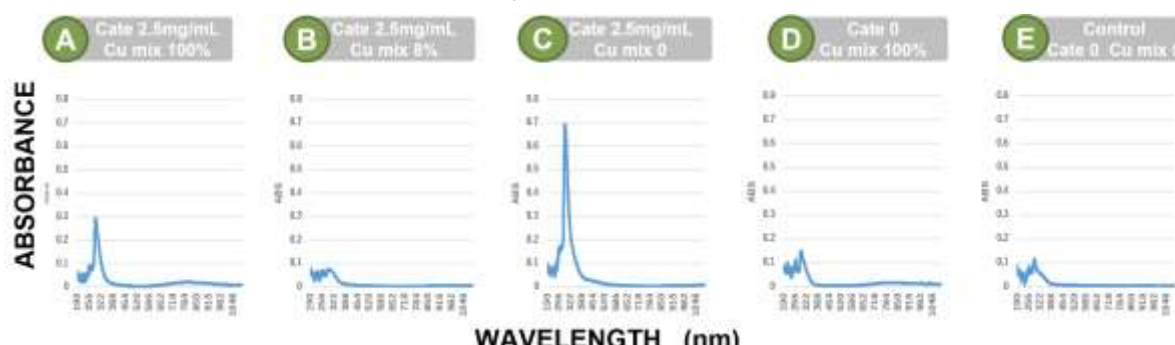
## 【調査結果】

1つ目の実験では、銅イオンが含まれているものであればある程度高い抗菌性が見られた。



Inhibition circle(mm)	9.6	4.4	0	7.5	0
-----------------------	-----	-----	---	-----	---

2つ目の実験では、銅イオンが過剰に含まれていないものだと浸出液中の吸光度が低く、繊維と染料との結合力が強いというものだった。



## 【考察】

抗菌性が現れ、結合力が適当である為に長期間安定した抗菌性を持つ染色条件は、カテキンと銅イオンが飽和で結合していると思われる濃度であることが分かった。その条件を定量化するために、カテキン銅錯体の平衡定数を求める実験を行うと、銅イオン濃度に比例して銅カテキン錯体の吸光度が増えていくことがわかった。

日本植物生理学会第 63 回年会 高校生生物研究発表会

発行 2022 年 3 月 24 日

編集 一般社団法人日本植物生理学会第 63 回年会実行委員会  
高校生生物研究発表会担当  
筑波大学 鈴木 石根 / 小野 道之

印刷 中西印刷株式会社



