



第62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

公開講座「花は咲く—高校生物の教科書を彩る植物の世界—」

プログラム・要旨集



2021年3月16日(火) オンライン開催

主催：第62回日本植物生理学会年会委員会

協力：日本植物生理学会サイエンスアドバイザー，中国・四国地区の大学教員・研究員

後援：島根県教育委員会

年会特別企画「高校生生物研究発表会」

主催：第62回日本植物生理学会年会委員会 後援：島根県教育委員会

会 期：2021年3月16日（火）13:00-17:30

（コメント欄を用いた質疑応答は3月14日-3月16日）

会 場：オンライン開催

<https://jspp.org/annualmeeting/62/>

次代を担う高校生の皆さんに日頃の研究成果を発表してもらうとともに、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標に、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。

今回は高校生の皆さんや高校教員の強い要望を受けて「公開講座」を企画しました。公開講座では、高校生物教科書に新規に掲載された研究を行われた研究者3名に講演していただきます。公開講座、表彰式への参加も併せてお願いします。参加方法の詳細は年会ウェブサイトに掲載します。

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公開講座の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14日（日）9:30 から 年会3日目 3月16日（火）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16日（火）13:00-16:00

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

（16:00-17:30 公開講座）

17:30-18:00 表彰式（公開講座に続けて開催）*ポスター発表を行なった生徒さんにご指導された先生は公開講座の後に引き続きご参加ください。

◆ 公開講座「花は咲く -高校生物の教科書を彩る植物の世界」

日 時：年会3日目 3月16日（火）16:00-17:30

会 場：Q（Zoom ウェビナー）

プログラム

16:00-16:10 開会挨拶

赤間 一仁（島根大学）

16:10-16:35 「花の形態形成にかかわる発生と遺伝」

後藤 弘爾（岡山県農林水産総合センター生物科学研究所）

16:35-17:00 「花の中：重複受精を達成する細胞たちの世界」

東山 哲也（名大・ITbM／東大・院・理）

17:00-17:25 「遺伝子組換えを利用して青い花を作る」

田中 良和（サントリーグローバルイノベーションセンター）

17:25-17:30 閉会挨拶

中川 強（島根大学）

司会：赤間 一仁（島根大学）

発表する方へ

年会期間（3月14日午前9時～3月16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16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16日（火）13時～14時30分

・後半（偶数番号）Zoom ミーティング発表：3月16日（火）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 16 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 16 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

- ・松江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/62/>）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

松江年会のロゴは、松江のシンボル“松江城”と島根県の県花ボタンを組み合わせ大島（山田）由衣さんにデザインしていただきました。

ロゴデザイン 大島（山田）由衣「松江に咲きほこる牡丹」

蕾から大輪の花まで、数々の牡丹が松江城に咲き溢れる情景に、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13日（年会前日）～16日（年会3日目）のご連絡やお問い合わせは、e-mail (akamajssp2021hs@life.shimane-u.ac.jp) にお願ひします。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ひします。

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A		光合成				細胞壁					
B		一次代謝				転写・転写後/翻訳・翻訳後制御					
C		生体膜・イオン・物質輸送				光受容体/光応答					
D		生殖成長				生殖成長					
E		栄養成長				栄養成長					
F		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					
G		環境応答B				環境応答B					
H		植物生物間相互作用A				植物生物間相互作用A					
J										第38回植物生理若手の会講演会 (19:00-20:30)	
K										植物生殖改変ワークショップ (18:30-20:00)	
W					男女共同参画 ランチョン セミナー				PCP 特別企画		
X		シンポジウム S01 植物ホロバイオの創発基盤の 解明に向けて				シンポジウム S03 ゲノム編集アップデート 最新技術 植物編—目指せ植物科学への貢献—					
Y		シンポジウム S02 基部植物の研究から見えてきた 幹細胞制御の普遍性と多様性				シンポジウム S04 光エネルギー変換システムの 再最適化—構造・機能・システム の視点から					
Z		データベース講習会				シンポジウム S05 Mineral element transport systems in plants: transporters, regulation and utilization					
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										ミキサー 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	二次(特化)代謝				光合成						
B	細胞周期・分裂	その他			光合成の環境応答						
C	光受容体/光応答				新技術開発						
D	システム生物学				オルガネラ/細胞骨格						
E	栄養成長				栄養成長						
F	植物ホルモン/ シグナル伝達物質				花成/時計						
G	環境応答B				環境応答C						
H	植物生物間相互作用B				植物生物間相互作用B						
J											
K											
W					ランチョン セミナー イルミナ 株式会社				授賞式・授与式 および受賞講演		
X	シンポジウム S06 植物レドックス生物学の最前線： レドックス調節、酸化ストレス およびシグナル伝達				シンポジウム S09 フィールドでの植物応答の制御に向 けた植物環境適応機構の解明						
Y	シンポジウム S07 生命金属科学の新展開				シンポジウム S10 植物ケミカル研究はボーダーレス 時代へ～植物化学生物学と植物代謝 化学の新展開						
Z	シンポジウム S8 生命の本質に迫る植物RNA研究の 「これまで」と「これから」										
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										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	一次代謝										
B	光合成の環境応答										
C	膜交通		エビジェネ ティック制御								
D	オルガネラ/細胞骨格										
E	環境応答A										
F	花成/時計										
G	環境応答C										
H											
J											
K											
W					ランチョン セミナー オリンパス 株式会社						
X	シンポジウム S11 伸ばす・曲げる・太る：メカニクス から読み解く植物の成長戦略										
Y	シンポジウム S12 植物における転写抑制の 分子メカニズム										
Z											
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 (説明・質疑応答) 交流	後半 (説明・質疑応答) 交流	公開講座 「花は咲く」	表彰 式				
その他											

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 IAA 至適濃度変化によるタンポポ2段階成長機構解析**
岩下 明日香, 岩下 和日香
(埼玉県立浦和第一女子高等学校 SSH)
- H-03 イチョウの抗菌性作用の探求**
古里 奏瑛
(神戸大学附属中等教育学校)
- H-05 音で植物の成長を抑制することは可能か！～ルッコラスプラウトを用いた実験～**
那須川 健太, 伊藤 瑠依, 梅原 彩乃, 濱西 朋花
(岩手県立水沢高等学校 理数科)
- H-07 透明になる花～なぜサンカヨウは濡れると透明になるのか～**
野村 菜々子, 傍島 琴美, 山内 怜奈
(岐阜県立加茂高等学校 自然科学部)
- H-09 黄化子葉の光応答について**
大前 未桜, 上月 理子, 山田 彩友美
(兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部生物班)
- H-11 植物の吸水リズムを生み出す要因とは**
石原 亜侑美
(ノートルダム清心学園清心女子高等学校 生命科学コース)
- H-13 松かさの鱗片と湿度の相関性**
坂本 樹
(市川学園市川高等学校 市川サイエンス)
- H-15 シロツメクサの根の光による緑化現象**
河野 百羽
(東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部)
- H-17 ランタナの花の色について**
田中 真如, 小河 莉袈
(開智高等学校 農芸部)

- H-19 シロイヌナズナの葉柄が長くなる変異体を用いた葉の形態形成機構の解析**
東木 美桜, 萩原 美優, 八木橋 春和
(広尾学園高等学校 植物チーム)
- H-21 シロタエギクの白い毛は強すぎる光を弱めている！？**
玉川 あかり
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-23 なぜヨーロッパアンウォータークローバーの葉は変形するのか**
伊藤 真那, 小寺 りり子
(ノートルダム清心学園清心女子高等学校 生命科学コース)
- H-25 植物種子の発芽競争**
丸田 環
(東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部)
- H-27 ゆめちからの最適な栽培密度**
田中 真如, 小河 莉裳, 南 明里, 佐伯 峻佑, 得能 美咲, 東 優花, 浦野 はな,
大工 遥, 高瀬 苺香
(開智高等学校 農芸部)
- H-29 シロイヌナズナの遅咲き変異体における花芽形成関連遺伝子群の RNA-seq 解析**
小松原 美乃
(広尾学園高等学校 植物チーム)
- H-31 シロイヌナズナの *EFM* 遺伝子変異が花成遅延及び乾燥耐性の向上に与える影響の解析**
嶋多 七海
(広尾学園高等学校 植物チーム)
- H-33 グリーンドラムの予想外な葉の構造と推測される巧妙な戦略**
江藤 毬花
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-35 サンセベリアの葉の共通点と相違点**
川浪 隆童
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-37 乾燥地に適応する新しい形？ クラッスラ属の不思議な気孔パターンの発見**
松尾 奈穂, 八木澤 瞳子
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)

- H-39 モジホコリの探索行動に影響する要因**
大谷 夕弦, 坂手 萌子, ランボー 海弥
(岡山県立津山高等学校 理数科)
- H-41 巻貝の腸炎ビブリオを放出させるフィコシアニン色素**
今村 奏音, 藤原 優月, 佐々木 日向
(株式会社立ルネサンス大阪高等学校 アート＆サイエンスコース)
- H-43 薪炭材の樹種による燃焼効率の差異**
本山 岳志
(市川学園市川高等学校 市川サイエンス)
- H-45 土壌環境の違いが根粒菌の種類に与える影響についての研究**
長瀬 悠智
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-47 ヒョウモンモドキの保全活動～里山を訪ねて～**
小林 颯季
(就実高等学校 生物部)
- H-49 ハッチョウトンボ生育環境の解明と保全に向けた取り組み**
品川 洸太, 坂本 智樹, 表田 英音, 北川 隼人, 南 翔斐
(島根県立浜田高等学校 自然科学部生物班)

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 サリチル酸の植物ホルモン活性は進化の過程で変わったか**
渡邊 元春
(静岡県立下田高等学校 自然科学部)
- H-04 ユリの花粉管誘導 V～なぜ花粉管は 270 個×6 列の胚珠にいきわたるのか～**
石川 雄斗, 神谷 紗良, 山本 紗英, 横尾 城太郎
(名古屋市立向陽高等学校 国際科学科 201 ユリ班)
- H-06 イシクラゲ最強説 イシクラゲの紫外線吸収に関する研究**
阿蘇品 由衣, 柏木 美咲, 歩瀨 碧, 坂本 愛夏, 坂本 弥生, 立花 優果
(熊本県立熊本北高等学校 理数科生物班)
- H-08 光の波長とポリフェノール含有量**
井上 智仁, 金森 恵子, 正木 春幸
(奈良県立青翔中学校・高等学校 探究科学研究会)
- H-10 異なる光環境下でのセージの形態形成について**
北村 春花
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物班)
- H-12 アサガオの観察 part11 花の工夫**
齋藤 麻梨子
(江戸川学園取手高等学校 科学同好会)
- H-14 南十字星の葉はなぜ茎と離れやすいのか**
富樫 悠人
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高校)
- H-16 コミヤマスマレ(*Viola maximowicziana*)の謎を追う～スマレ属全体の分類の見直しへ～**
山口 夏巳, 池邊 智也, 西村 悠生
(兵庫県立小野高等学校 生物部スマレ班)
- H-18 きこの生育条件の違いによる成長への影響**
中村 仁香, 片峯 ひなた
(神奈川県立神奈川総合産業高等学校 化学工学部)

- H-20 紅葉の逆！？ 赤から緑へ変化するレッドロビンの観察**
村上 健太
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-22 斑のパターンはどのように決まるのか？～アメリカヅタとヒポエステスの比較～**
中西 琉花
(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- H-24 外来植物からバイオエタノールをつくり、カーボンニュートラルなエネルギーを考える**
牛尼 萌那, 小口 真結子, 竹内 そのか, 両角 みなみ
(東海大学付属諏訪高等学校 理数科)
- H-26 透明標本 作る過程についてのコスト削減 過程変更による影響**
竹内 友寿, 牛山 久義, 吉田 ひかり, 藤田 裕眞
(東海大学付属諏訪高等学校 理数科 生物班)
- H-28 シロイヌナズナにクラシックを聴かせた時の反応について**
藤井 響
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物班)
- H-30 緑茶が抗生物質の抗菌効果に与える影響について～市販の緑茶を用いた解析～**
山田 優衣, 深井 聡輔, 平川 青空, 荒井 優菜
(秋田県立秋田高等学校 生物部緑茶班)
- H-32 クモの糸を水中で形成させることは可能なのか？**
崎山 真喜人
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物班)
- H-34 低カリウム ヤマトマナの水耕栽培方法の確立**
北隅 奈王, 高見 明日香
(奈良県立青翔高等学校 探究科学研究会)
- H-36 バイオトイレに利用されているオガクズの性質～持続可能な社会に向けて～**
千葉 柊華, 堀井 彩花, 大西 理玖仁, 田代 弓尊
(札幌日本大学高等学校 科学部)
- H-38 菌別オリンピック～混合培養における菌の生育の競合～**
大川 華澄, 中澤 興紀, 坂田 華子, 和田 唯由乃
(私立須磨学園高等学校 理科学研究部)

- H-40 野菜切断面の変色原因を探る**
平野 悠, 長谷川 楓果
(玉川学園高等部 サイエンスクラブ)
- H-42 緑茶中のタンニンの測定**
原口 由己
(玉川学園高等部 SSH リサーチ化学班)
- H-44 要注意外来生物ハリエンジュの燃料化への取り組み**
長門 岳, 四十物 弦希, 木谷 柊太
(秋田県立秋田中央高等学校 躍進探究部)
- H-46 ミカンパックが肌に与える影響**
江上 優斗, 水元 将, 岩中 萌々花, 緒方 未紅, 久保田 菜央, 栗原 葵, 日隠 歩香, 増田 彩未
(熊本県立熊本北高等学校 数理探究生物班)
- H-48 異なる光環境下でのシソの生育と抗菌効果の変化**
並木 圭輔
(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物班)

IAA 至適濃度変化によるタンポポ 2 段階成長機構解析

埼玉県立浦和第一女子高等学校 SSH 2 年

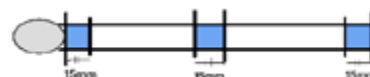
岩下明日香・岩下和日香

【研究の背景と目的】

図1 小6の頃、タンポポ（計40本）の花茎中央にマジックで印をつけ、成長観察をした。すると、「蕾」～「開花」時期では花茎下部が、「倒伏」～「直立」時期では上部が著しく伸長した。^{※図1}
 ここから、タンポポには果実成熟過程によって活発に伸長する部位が異なる規則があることを発見した。私達は、花茎下側が著しく伸長する成長過程を1段階目、上側が著しく伸長する成長過程を2段階目と定義し、この特徴的な伸長を「2段階成長」と名付けた。部位ごとに細胞の長さを測定すると、「開花」から「直立」にかけて上部の細胞が著しく伸長し、細胞長さの変位からも「2段階成長」が確認できた。この現象要因として、IAAの影響を考えた。IAAは植物の伸長、細胞伸長に深く関わっているという。成長時期ごとの花茎伸長と IAA 濃度に着目し、この花茎伸長の性質解明を試みた。

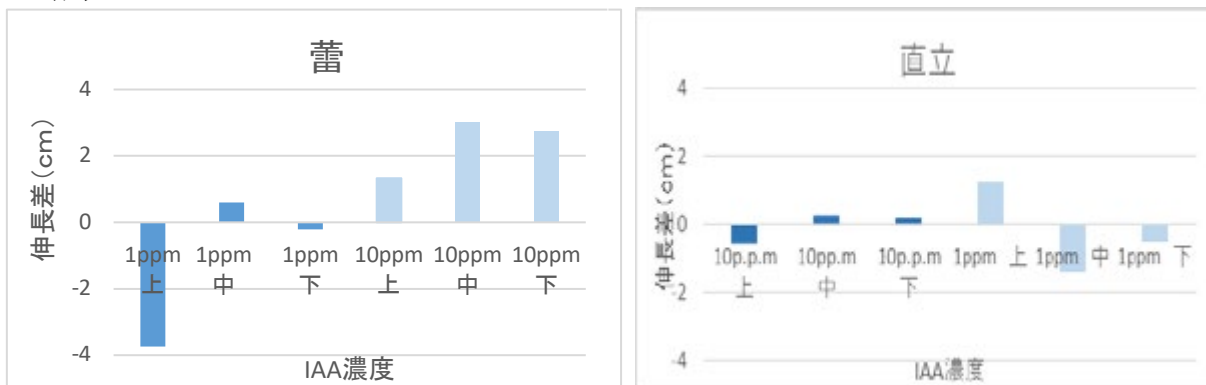
【実験方法】

タンポポ花茎[蕾:44本 直立:55本]を実験対象とした。



- 1 花茎から 1.5cm ずつ部位ごとに切り、3つの切片^{※図2}を作成した。※図2
株から切り離れた根元（下部）、中部、頭花の根元（上部）とする。
- 2 IAA 溶液（濃度：0ppm、1ppm、10ppm）を作成し1の切片に 30ml ずつ浸した。
- 3 3日後、ノギスを用いて切片伸長長さを測定した。

【結果】



グラフは「蕾」「直立」それぞれの成長過程・部位ごと、伸長長さの平均から IAA 濃度 0ppm の伸長長さの平均の差を求め、濃度・部位ごとの切片伸長長さを比較した。

「蕾」では 10ppm で成長活発部位の下部が「直立」では 1ppm で成長活発部位の上部が著しく伸長している。「蕾」では 1ppm で中部、下部の伸長抑制が確認できる。

【考察】

「蕾」では 10ppm 付近が、「直立」では 1ppm 付近が、IAA 至適濃度であることが分かった。タンポポは果実成熟に伴い、花茎が受け取る IAA 濃度が低下すると考えられる。この IAA 濃度変化によって「2段階成長」が生じるのではないかと考えた。又、1ppm 時には中、下部への伸長抑制が確認できた。低濃度の IAA を与えることで、伸長抑制が働く何かしらの原因があるのかもしれない。今後、追及していきたい。

サリチル酸の植物ホルモン活性は進化の過程で変わったか

静岡県立下田高等学校 自然科学部

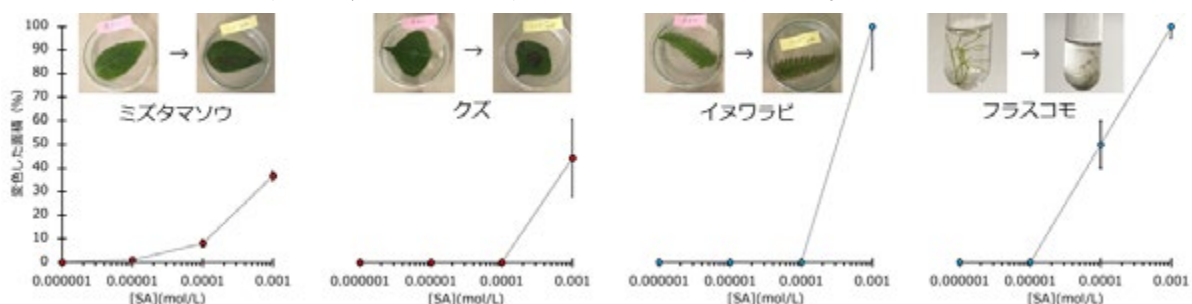
2年 渡邊元春

【目的】：サリチル酸の植物応答の実験に從來使用されている実験植物のシロイヌナズナ *Arabidopsis thaliana* では、受容体タンパク質の正体が判明し、その相互関係まで研究が進められている。しかしながら、植物は進化の過程で多数の種類が存在するようになったので、サリチル酸の果たす役割は今なお検証の余地がある。私たちは、より原始的な植物でも、サリチル酸が植物ホルモンとしてはたらくのか疑問に持ち、実際に調べることにした。

【方法】：ミズタマソウ *Circaea mollis*、クズ *Pueraria montana*、イヌワラビ *Athyrium niponicum* は、葉1枚を直径9cmのシャーレに移し、 1×10^{-3} mol/L サリチル酸水溶液、および 1×10^{-4} mol/L サリチル酸水溶液に浸し密封した。フラスコモ *Nitella flexilis* は、ハサミで切り試験管に移した後、サリチル酸水溶液を葉の全体が完全に沈むまでサリチル酸水溶液を注いだ。1週間観察して写真を撮影し、方眼紙を用いて各葉の面積全体に占める各葉の変色した面積を求め、割合を算出して検出した。

【結果】：ミズタマソウでは、 1×10^{-3} mol/L サリチル酸水溶液を使った場合、実験開始2日以内に表面が斑点状に黒変する様子が確認された。その後は黒変した面積に大きな変化が見られなくなり、葉全体が反応しきる以前に収束した。イヌワラビでは、葉の周囲から中心に向かって黄茶色に変色する様子が確認された。実験開始2日以内に葉の全体の約30%が反応し、その後2日以内までに葉の全体が完全に変色した。 1×10^{-4} mol/L サリチル酸水溶液を使った場合では、1週間の観察を経たが大きく葉が変色する様子は確認できなかった。

【考察】：植物を原始的なものから順に並べると、フラスコモ、イヌワラビ、クズとミズタマソウになる。イヌワラビとフラスコモなどの原始的な植物では、実験開始翌日には葉の周囲から中心に向かって変色が進み、その後2日以内に葉全体が変色しがちであるのに対して、ミズタマソウなどの双子葉植物では、実験開始から3日以内に葉が斑状に変色しており、1週間放置・観察をしたが全体が変色することはなかった。このことから、植物は進化の過程でサリチル酸の植物応答を制御する仕組みを獲得したと示唆される。私たちは、被子植物以降の植物の葉は濃度の高いサリチル酸水溶液に浸しても葉の全体が完全に反応しないことから、植物は進化の過程でサリチル酸の信号伝達を負に制御する仕組みを獲得していったと考えた。



イチョウの抗菌性作用の探求

神戸大学附属中等教育学校 5年 古里 奏瑛

【背景】：現在、植物の持つ効能が食品に利用されている姿をよく見かける。私はその中でも特に、抗菌作用をもつ植物が食品に利用されようと日々研究されていることを知り自分の周りにもこのような植物が存在するのか興味をもち、実験を行うことにした。

【目的】：本研究の目的はイチョウの抗菌性作用はハロー法（細菌の増殖の阻止された部分（ハロー）によって抗菌活性を評価する方法）を用いても確認できるのか、またイチョウの部位（落葉前後の葉、銀杏）では抗菌性作用の強弱は存在するのかを明らかにすることである。

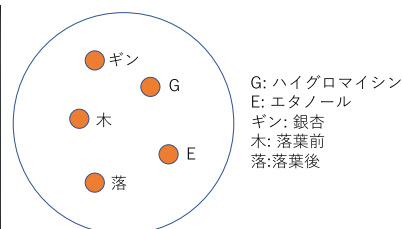
【仮説】：ハロー法でもイチョウに抗菌作用は見られる。落葉前の葉は樹から栄養を得ているため抗菌作用は強いのではないかと考えた。

【実験方法】：

- ① イチョウの部位（落葉前後の葉、銀杏）をそれぞれ採集し、液体窒素に浸して凍結させた後、粉砕した。粉砕した後にそれぞれから得られる抽出液を採取した。
- ② 有機溶媒はエタノールを使用し、抽出液には振動をかけ、5000G×15分遠心分離した。
- ③ LB培地を作成し、大腸菌含んだ培地上に上記の操作で抽出した抽出液を滴下し、一日（14時間）培養した。
- ④ ハロー（発育阻止帯、細菌の発育がない部分）の有無を観察した。

【結果】：ポジコンであるハイグロマイシンには阻止円が現れた。

それを基準にしてその他の阻止円の大きさ、薄さを観察した。その結果、実験によっては、右図のように、円形の阻止円とはならなかったが、銀杏および落葉前後の葉で、菌の生育が大きく阻害された。阻止円の濃さはハイグロマイシンが一番濃かったが観察物間に相違は見られなかった。



【考察】：イチョウの抗菌作用はハロー法でも確認することができた。この結果からは銀杏、落葉前の葉、落葉後の葉の順に抗菌作用が強いということが考えられた。その理由としては銀杏には多くの栄養価が含まれているため葉よりも抗菌作用をもつため、また落葉後は樹自体から栄養素を得ることが出来なくなったからではないかと考えた。一方、実験の再現性がうまく取れないため、抽出法などを精査する必要があることがわかった。

【今後の展望】：今回の実験では失敗も多く、データ数は十分とは言えないためこの研究をさらに行い、ハロー法で確実にイチョウの抗菌作用は確認できるのかを調査したいと考えている。それにイチョウのどの成分が抗菌作用を引き起こしているのかを調査したい。その方法にはペーパークロマトグラフィー法の導入を考えている。またこの研究の社会的意義の一つとして、イチョウの葉を本に挟んでおくことで本の保存に役立つということを耳にしたのでその方法の利用は可能なのかを調査したいと考えている。

ユリの花粉管誘導 V

～なぜ花粉管は 270 個×6 列の胚珠にいきわたるのか～

名古屋市立向陽高等学校 国際科学科 2 年

石川雄斗 神谷紗良 山本紗英 横尾城太郎

1. はじめに

単子葉類のユリの雌しべは全長 16 cm と大きく、柱頭に受粉した花粉から伸びた花粉管は、子房内の胚珠まで到達する過程で、雌しべ組織から様々な誘導を受けていると考えられる。

私たちは、子房内部での花粉管が通る道のりと胚珠からの誘引について興味を持った。タカサゴユリの子房には胚珠が 270 個×6 列(≒1600 個)並んでいることから、「胚珠のほとんどが受精するメカニズム」について疑問が浮かび、その解明を目的として研究を始めた。

2. 方法

縦断・横断した子房内の花粉管をアニリンブルーにより染色して観察した。雌しべ内部での花粉管伸長のタイムラプス映像を解析した。また、胚珠を寒天培地に埋め、花粉管が誘引される様子を観察した。

3. 結果・考察

<縦断面・横断面の観察>

- ・花粉管は 2 つの胚珠の根元の間の通路を 図 1
- ・花粉管が複数の胚珠を通り過ぎた後、胚珠に誘引される。(図 3)
→胚珠ごとの誘引のタイミングにばらつきがある。
- ・花粉管は直角に近い角度で曲がっているものがある。(図 3)
→胚珠は近傍の花粉管のみを誘引する。

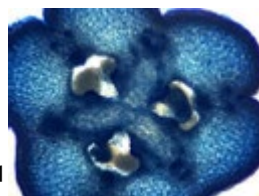


図 2



図 3

<タイムラプス映像の解析>

- ・7 時間にわたり花粉管が通り過ぎている。(図 4)
→花粉管が子房に到着する時間に差がある。



図 4

<培地での胚珠による花粉管誘引>

- ・正常なものと同様に、切断された胚珠の外側にも誘引が見られる(図 5)
→胚珠の珠皮にも誘引物質が存在し、花粉管は胚珠外側に集められてから珠孔からの誘引を受ける



図 5

4. まとめ

花粉管が子房内で胚珠に向かう道のりが分かった。また花粉管は、まず胚珠外側の隙間に誘引されてから、珠孔に誘引される可能性が高い。胚珠は花粉管を近傍で誘引する。胚珠によって誘引のタイミングが異なる、花粉管の子房への到着には時間差がある。以上の仕組みにより、1600 個もの胚珠に花粉管がいきわたると考えられる。

5. 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。

音で植物の成長を抑制することは可能か！ ～ルッコラスプラウトを用いた実験～

岩手県立水沢高等学校理数科

那須川健太 伊藤瑠依 梅原彩乃 濱西朋花

1 目的

周波数と音量に着目し、音で植物の成長を抑制することは可能かどうか明らかにする。

2 方法

防音の箱を作成し、ルッコラスプラウトに音無し、300Hz、10kHz を音量の大きいもの(75dB)、小さいもの(45dB)の組み合わせの音を当てながら育てる。1週間育て、1日目と7日目に成長の様子を観察する。全長の伸び、根の伸び、茎の伸びを測定する(なお、育てる際の温度は約20℃に統一)。無音で育てたデータと各周波数と音量の組み合わせで育てたデータを無音で育てたものと比較して、t検定によって有意性を調べる。

3 結果

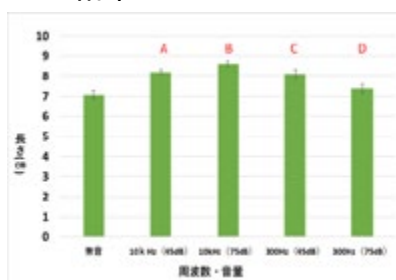


図1 全長の平均

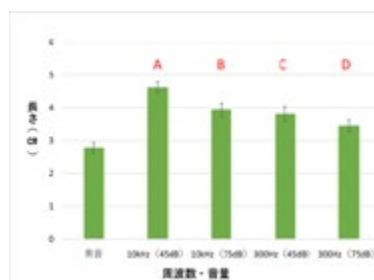


図2 全長の伸び
(7日目-3日目)

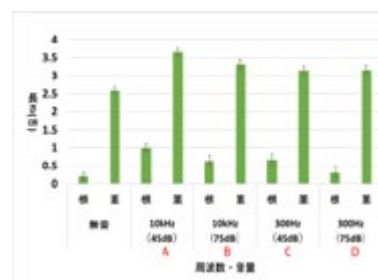


図3 根・茎の伸び
(7日目-3日目)

- 音量に着目すると、45dBの方が植物の成長を促進すると考えられる。
 - A (10kHz・45dB)の結果から考えて、高周波の小さい音は植物の成長を促進する刺激になると考えられる。
 - 周波数でも、音量によって伸びや全長に差が出ることから、植物の成長には音量が与える影響の方が大きいと考えられる。
- 1, 2, 3から今回実験した周波数、音量の組み合わせは植物の成長を抑制しないと考えられる。

4 考察

植物の成長を抑制する音は75dB側、つまり大きい音なのではないか。

暗室で育てたため光の影響は除外できる。また、植物に音受容器はないことから今回の実験で植物の成長を促進したのは、オーキシンやジベレリンなどの植物ホルモンの分泌が空気の振動によって促されたからではないか。または、空気の振動がオーキシンの輸送タンパク質の働きを活性化したのではないか。

5 今後の課題

- 結果2から、音量は75dB側、つまり大きい音に絞って考える。
- 検定の結果、D (300Hz・75dB)のみ有意差が認められなかったため、実験過程に問題が無かったか確認し再度実験を行いたい。

イシクラゲ最強説 イシクラゲの紫外線吸収に関する研究

熊本県立熊本北高等学校 理数科2年・生物班

阿蘇品由衣、柏木美咲、歩濱碧、坂本愛夏、坂本弥生、立花優果 指導者 溝上広樹

1. 研究の動機・目的

地球が誕生して初めて陸上に進出し、光を利用し酸素発生型光合成を行った生物「シアノバクテリア」は紫外線に高い耐性があると考えた。本研究では、シアノバクテリアの仲間であるイシクラゲを研究材料にし、イシクラゲ及び校庭の植物の紫外線吸収量の比較研究を行うことにした。

2. 研究の仮説

イシクラゲは植物に比べて紫外線吸収量が多い

3. 実験方法

材料は、熊本北高校校内で2020年9月に採集したものを利用した。スイゼンジノリだけは、福岡県朝倉市産のものを利用した。

(1) 紫外線写真撮影と画像解析

複数の植物の紫外線写真を紫外線透過フィルター(UTVAF-36U、シグマ光機株式会社)を用いて撮影した。その際、Excel作成したグレー値の基準スケールを利用した。紫外線写真を画像解析ソフトImage Jで処理し、各植物の紫外線吸収量を分析した。

(2) 吸光度測定

4種類の植物をサンプル瓶に100mg (n=7)分け、80%メタノールで抽出し、分光光度計(UV-1800、SHIMADZ)で抽出スペクトルおよび365nmの吸光度を測定した。

4. 結果・考察

(1) 紫外線写真撮影と画像解析

紫外線写真の画像分析の結果、乾燥したイシクラゲから最も強い紫外線吸収が見られた。(図1)

(2) 吸光度測定

イシクラゲは、最も紫外線を吸収していた(t-検定、 $p < 0.01$) (図2)。

イシクラゲには紫外線を吸収する物質が多く含まれているため、紫外線に対する耐性があると考えた。



図1 調査した植物の紫外線吸収量

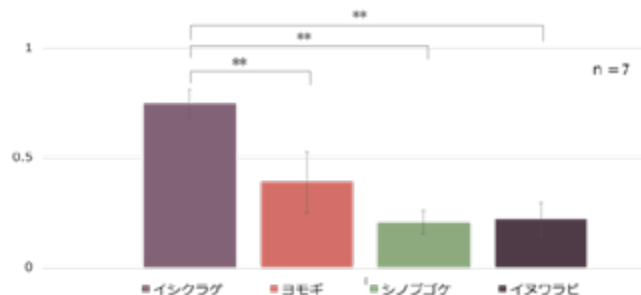


図2 調査した植物の吸光度(365nm)

透明になる花 ～なぜサンカヨウは濡れると透明になるのか～

岐阜県立加茂高等学校 自然科学部
野村菜々子・傍島琴美・山内怜奈

1. はじめに

朝露や雨に濡れると花びらが透明になるとサンカヨウが紹介されている記事(毎日新聞岐阜版 2019 年)を見て興味を持ち、なぜ白い花が雨に濡れるとガラスのように透明になるのか疑問をもち、花の構造に着目して調べることにした。サンカヨウを用いて実験ができなかったため、身近にある白い花を用いて研究を行った。

2. 方法

花びらが透明になるのは表面構造と内部構造によって光が乱反射をするためと考え、研究を行った。

- (1) 花びらを濡らして透明になるかを確認する。
- (2) 花びらの断面を顕微鏡で観察して内部構造を調べる。
- (3) 水で満たした簡易真空装置に花びらを沈め、装置内の空気を抜き、花びらの変化の様子を観察する。

3. 結果

- (1) 花弁を濡らしただけでは透明にならなかった。モデル実験としてすりガラスを濡らしたり、セロハンテープを貼ったりしたりすると、透けて見えるようになった。
- (2) 花弁の断面を観察すると、表皮組織や海綿状組織のような構造がみられた。海綿状組織には隙間がたくさんあった(図1)。
- (3) 簡易真空装置で脱気すると、花弁や葉から空気が抜けて泡となった。実験では白い花としてアベリア、ニチニチソウ、ムクゲなどを用いた。どの花もサンカヨウのように全花弁ではないが透明になった(図2)。特に、花弁が薄い花や直径が小さい花が全体的に透明になった。花弁が厚い花や直径が大きい花は一部のみ透明になった。

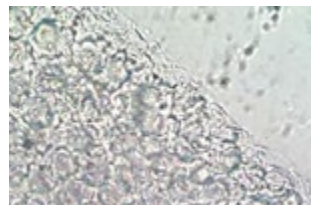


図1 顕微鏡で観察したニチニチソウの花びらの断面



図2 ムクゲの花の変化

左) 空気を抜く前のムクゲの花
右) 空気を抜いた後のムクゲの花全体的に透明になっている。特に、端の方がより色が抜けている。

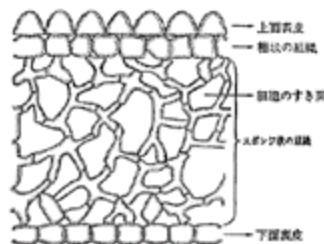


図3 花弁の断面図の式図
(安田齊 1980 より)

4. 考察

白い花が白く見える原因として、花弁の表面構造に凹凸があり光が乱反射するためと、花弁の内部に細胞の間に隙間があり(図1・図3)、細胞と隙間に含まれる空気との間で乱反射をするためだと推定される。簡易真空装置で花弁の内部の空気を抜いて海綿状組織の隙間を水で満たすと透明となるのは、隙間での乱反射が抑えられるためであると考えられる。モデル実験として容器に入れた消臭ビーズでは、隙間に空気があるときにはビーズの粒が見えたが、水を加えると見えなくなった。乱反射が抑えられることで透明になったのもで、花弁の細胞の隙間でも同様なことが起こっていると推定される。

5. まとめ

白い花は、花弁の表面構造と内部構造によって光が乱反射して白く見えている。内部の隙間が水で満たされれば透明になる。白い花は雨で濡れただけでは透明にならないのに、サンカヨウが透明になるのは、サンカヨウの花弁に特徴があると考えられる。今後はサンカヨウの花で研究を進めたい。

光の波長とポリフェノール含有量

奈良県立青翔中学校・高等学校 高等学校 2 年

井上 智仁・金森 恵子・正木 春幸

【目的】白色光、青色光と青色光+UV-A でソバを栽培し、総ポリフェノール量とルチン含量を比較することを目的とする。

【実験方法】ソバは、人工気象機で光以外の条件を揃え、7日間栽培した。青色光下のサンプルが2回、白色光下と青色光+UV-A 下でのサンプルは3回収穫した。収穫したソバを以下の手順（鶴永ら 2008）で調製した。その後、実験①と②を実施した。

1. -85°C で 24 時間凍結し、3 日間真空凍結乾燥した。2. 凍結乾燥粉末 200mg を 80% エタノール 40ml に加え 16 時間定置した。3. 50ml に定容後、ろ過し、ろ液を得た
実験①：フォーリン・チオカルト法を用いてサンプルの総ポリフェノール量を求めた。
実験②：高速液体クロマトグラフィーを用いてサンプルのルチン含量を求めた。

【結果】

実験①：ろ液中の総ポリフェノール量は、白色光下では $109.3 \mu\text{g/mL}$ 、青色光下では $136.1 \mu\text{g/mL}$ 、青色光+UVA 下では $105.8 \mu\text{g/mL}$ であった。白色光と青色光+UVA 下より青色光下で栽培したサンプルで有意に総ポリフェノール量が多かった（多重比較 $P < 0.05$ ）。白色光下と青色光+UV-A 下で栽培したサンプルの総ポリフェノール量は有意差が無かった（多重比較 $P > 0.05$ ）。

実験②：ろ液中のルチン含量は、白色光下では $109.3 \mu\text{g/mL}$ 、青色光下では $136.1 \mu\text{g/mL}$ 、青色光+UVA 下では $105.8 \mu\text{g/mL}$ であった。どのサンプルの間でもルチン含量に有意差は無かった（多重比較 $P > 0.05$ ）。

図 1：実験①結果

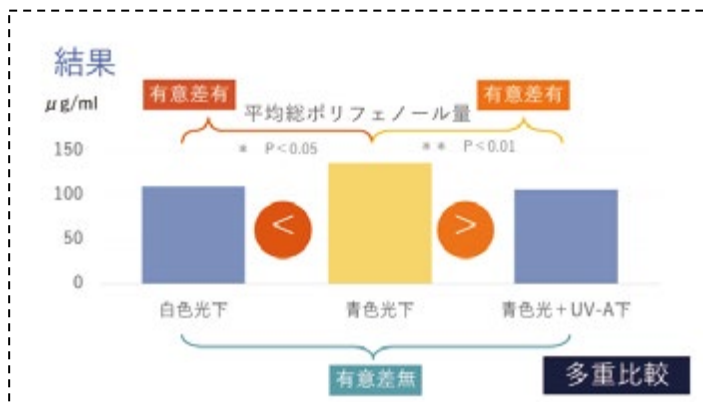
【考察】

白色光、青色光と青色光+UV-A でソバを栽培した結果、総ポリフェノール量は青色光で増加したがルチン含量は変化しなかった。そのため、青色光がポリフェノール合成を促進すると考えた。これは、光受容体が関係する可能性や単波長青色光(445nm)による生合成に関わる酵素活性・遺伝子発現があると考えられる。また青色光+UV-A より青色光を照射したときに多かったことから、UV-A はポリフェノール合成を阻害すると考えた。ルチン含量の変化がなかったため、青色光によって増加したポリフェノールはルチンではないと考えられる。今後は、増えるポリフェノールの種類を調べたい。

【参考文献】

鶴永陽子 松本敏一 田中大介 鈴木芳孝「UV-B 照射によるソバスプラウトの生育とフラボノイド生成に及ぼす品種間差異の影響」日本食品保蔵科学会誌 VOL. 34 NO. 4 2008〔技術報告〕 209

和田正三 徳富哲 長谷部光泰 「植物の光センシング-光情報の受容とデジタル伝達」秀潤社 東京都 2001



黄化子葉の光応答について

兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部生物班

大前未桜・上月理子・山田彩友美

【目的】

暗所下で生育させた芽生えの黄化子葉に光を照射すると脱黄化する。私たちは、この「光刺激に対する脱黄化応答」が、芽生えの成長とともにどのように変化するかを調べることにした。

予備実験（図1）では、24時間の光照射を与えるタイミングを、播種後0日目～5日目と変化させると、芽生えの成長とともにクロロフィル量が増加することが確認できた。今回の実験では、播種後6日目から子葉が完全に展開する13日目までの期間で、光照射のタイミングを変え、芽生えの光応答を調べることとする。

【仮説】

光刺激に対する子葉のクロロフィル合成（応答）は、子葉が完全に展開する13日目までの間で次第に増加するが、応答能には最大となるタイミングがあるはずである。

【方法】

キュウリの種子を0lx、25℃の恒温暗所下で発芽させた。約1,300lxの光を室温明所下で24時間照射した（光源にはLEDストローの分光分布400～750nmのオセアニアンホワイトを使用）。その後、暗所下に戻して2日置いた。

図2のように実験区は、播種した当日を0日目とし、6日目に室温明所下に置いたものから13日目に室温明所下に置いたものの計8つである。対照区に、25℃の暗所区（播種からサンプリングまで暗所）と室温の明所区（播種からサンプリングまで明所）を設けた（図2）。

それぞれ無作為に5本ずつサンプリングし（11日目区はサンプルが枯死したため3本のみ）、DMF抽出法により全クロロフィルを抽出して、クロロフィル量を算出した。

【結果】

光照射する装置を室内に設置したことで、実験期間によって室温に差があった。特に、播種後8～10日目の光照射は2021年1月13日で、特に気温が低い日であった。このため、実験結果は実験期間に左右されることとなった。これを考慮し、実験結果を実験期間ごとに見ると、播種8日目以降に光照射した実験区では、クロロフィル量は変化していないことが分かった。

【考察】

予備実験（播種後0～5日目光照射）と本実験（6～13日目光照射）を総合すると、播種後7日目の芽生えが光照射によって大きく反応し、クロロフィルを合成すると推定される。今回の実験では、光照射時の温度に違いが大きく、実験結果の比較ができないところがあったので、この点を修正し再度実験を行うことにしている。

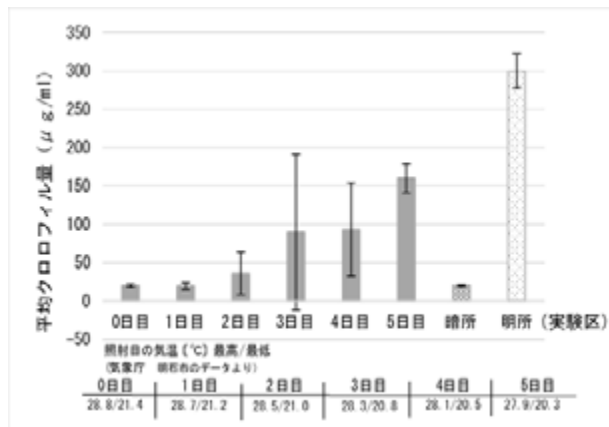


図1: 予備実験のクロロフィル量の変化 (2020/9/14～/21)

実験期間	実験区	時間経過
2020.12/9 ～ 12/20	6日目	暗所
	7日目	明所
2021.1/3 ～ 1/17	8日目	暗所
	9日目	明所
	10日目	暗所
2020.12/10 ～ 12/27	11日目	明所
	12日目	暗所
	13日目	明所
	暗所区	暗所
	明所区	明所

図2: 実験区

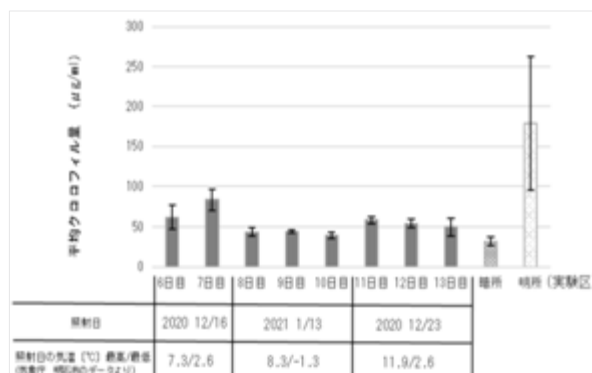


図3: 照射タイミングと平均クロロフィル量の関係

異なる光環境下でのセージの形態形成について

北村 春花

(玉川学園高等部 2 年 SSH リサーチ生物班)

【1 研究の背景と目的】

近年、地球全体で地球温暖化の進行が深刻化し問題視されており、その原因は二酸化炭素の増加が考えられている。そこで今回は植物の呼吸や光合成に注目し、地球温暖化抑制が可能か、またそのような環境下で植物の成育過程が影響されるのかを明らかにする目的で実験を行った。

【2 実験方法】

セージの成長観察：今回は地球温暖化が特に進行しており、第一次産業の割合が高い発展途上国で多く食べられているハーブであるセージを使用し、まず異なる光環境下での形態形成の様子を観察した。まずセージの種を水耕栽培である程度栽培し、その4週間後に6つのケースに移し、2ケースずつ光条件【青色・赤色・蛍光灯】のもとへ移動させた。そして、一定期間ごとにそれぞれ生育状態を観察した。

今回は、1週間ごとに、葉の縦・横・茎の長さを測定した。

呼吸商の実験：二酸化炭素センサ、酸素センサ、イージューセンスを用いて実験を行った。今回は実験法を確立するためにレタスを用いた。まず、半分に切ったペットボトルの下半分にレタスを入れ、それに上半分をはめ込み閉じた。そして、計測器を設置し、ペットボトル内を密閉した。その後計測器をパソコンにつなぎ測定を開始し、一定時間計測した。異なる光環境下での酸素濃度、二酸化炭素濃度の変化を確認した。この光環境条件を赤色 LED・青色 LED・蛍光灯で行った。

【3 結果と考察】

セージの成長観察：葉の成長においては赤色 LED 条件下のセージの成長率が高かった。茎の成長においては、蛍光灯条件下のセージが著しく成長率が高かった。赤色光受容体がセージの葉の成長率に関わっていると考えられる。

呼吸商の実験：イージューセンスを用いることで、酸素濃度と二酸化炭素濃度を測定することができた。今後はレタスではなくセージを用いて測定を行っていく。

植物の吸水リズムを生み出す要因とは

ノートルダム清心学園 清心女子高等学校

石原亜侑美

【目的】

一般的に、植物を育てる際の水やりは朝方に行うのが良いとされている。その理由は夏枯れや冬枯れなど日中や夜間の土中の水温変化にある。つまり一般的に言われる、植物の水やりに適した時間には気温が影響していると考えられる。

本研究では、オオムギを対象とし、温度条件を一定にした時も同様に、水やりを朝方に行うのが良いことが言えるのかについて調査することにした。その調査結果から、植物本来の吸水能力が最も高まるのはいつなのかについて考察した。

【実験方法】

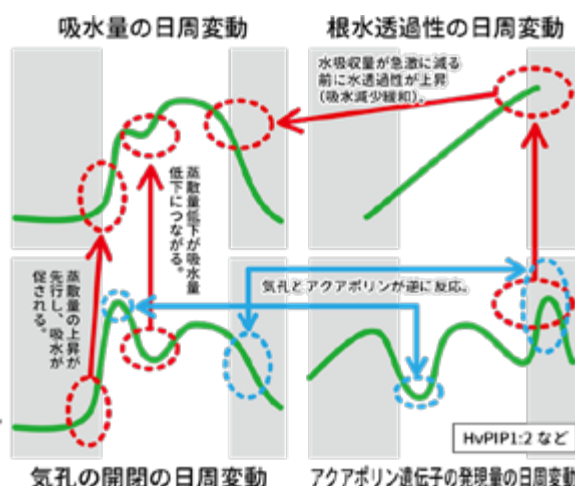
- (1) 明暗 12:12・20℃に設定したインキュベーター内に、オオムギ個体を入れた試験管を設置し、1時間ごとにデジタルカメラで撮影した。その後、水の減り具合から吸水量の日周変動を調査した。明暗条件と恒暗条件のそれぞれについて調査した。
- (2) (1)と同じ環境で生育したオオムギから1時間ごとに葉の表皮の気孔をスンプ法で型どり、光学顕微鏡を用いて気孔の開き具合を計測し、日周変動を調査した。
- (3) (1)と同じ環境で生育したオオムギから2時間おきにオオムギの根のサンプルを採取し、サンプルからRNAの抽出・cDNA化・PCRを行った。その後電気泳動を行い、アクアポリン遺伝子の発現量の日周変動を解析した。
- (4) (1)と同じ温度及び光環境で、水耕栽培により生育させたオオムギ個体を用いて、プレッシャーチャンバー法により根の水透過性を調査した。根が水に浸された圧力容器内を加圧し、根を通過して地上部に出てくる水分量を測定し、根の単位面積・圧力・時間当たりの水透過率を調べた。

【結果】

- (1) 明暗条件では、明期に吸水量が増え、暗期に吸水量が減った。恒暗条件では、吸水量が少なく変動は小さかった。
- (2) 朝方と夕方の2度に気孔の開きのピークがあった。
- (3) HvPIP1型とHvPIP2型の両方ともにおいて、転写量は明期開始後に減少、暗期開始後に増加した。
- (4) 根の水透過性は、明期開始前から暗期開始前に向けて徐々に高まっていった。

【考察】

オオムギの吸水量の日周変動は、気孔の開き具合の日周変動と相関性が高く、蒸散量に影響を受けやすいと考えられる。気孔の開き具合の動きとは逆のタイミングで、アクアポリンの発現に変動がみられるが、これは吸水量の急な増減を緩和するように発現量が調節されているからだと考えられる。日中の根の水透過性は時間経過とともに上昇していて、日中の吸水量の上昇等に関わっていると考えられる。



アサガオの観察 part11 花の工夫

江戸川学園取手高等学校

齋藤麻梨子

【目的】：アサガオの花は「一日花」で、吹き戻し笛のように膨らみ、しぼみ、種を作る。短時間でこの過程を行う工夫を探す。また、どのようにして光を感じるか調べる。

【実験方法】：花卉の伸ばし方と種の作成、光の感じ方、環境要因、自家受粉、花卉の物理的欠損と開花、曜の気孔の働き等について観察する。

【結果】：

1. 花卉の伸ばし方と種の作成

開花前日 23 時頃までに花卉のデンプンが糖に変わる。

つぼみはビニールの様だが糖が満たされ柔らかくなる。



図 1：花卉外側ネクターガイドと蛍光

開花当日の未明に気孔は完成し蒸散を始める。色の粒の液胞に水が入り液胞内はアントシアニンのアルカリ性側の色に変わる。花卉は乾燥でしぼむ。子房が大きくなることで花卉の真下にあった維管束が花卉から離れ花卉への水がたたれる。花卉は乾き、離れ落ちる。しぼんだ花は色の粒の部位に水分を残し雌蕊の柱頭を乾燥から守る。子房が大きくなると茎の部分にデンプンを貯めシュートへの水をたつ。種が乾き零れ落ちる。

2. 光の感じ方

曜の外側と筒の部位に色の粒はない。そのためフラボンを含む海綿状組織が透明な表皮細胞の下に見える。フラボンが紫外線を捕捉するためこの部位がネクターガイドとなる。フラボンが CO_2 で透明に、 NH_3 で黄色に変化することを利用しフラボンのある部位を確認した。つぼみは外側のネクターガイドで紫外線を感じている。また開花当日の未明から曜の気孔の葉緑素が光を感じる。夜間照明に紫外線をほとんど含まない LED 灯を用いると時間はかかるが開花する。しかし白熱電球や蛍光灯では開花しない。光の色でも開花に差がでる。

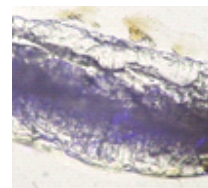


図 2：曜断面＋紫外線

3. 自家受粉

開花前日の 23 時ごろつぼみの内部の湿度が下がりやくが開き受粉する。湿度が高いと開花してもやくは開かない。また、開花前日の夕方にならないと乾かしてもやくは開かない。雄蕊は最初は同じ長さだが開花前日には 5 本長さが異なる。雌蕊を追い越すときに 5 回の受粉のチャンスを得る。

4. 花卉の物理的欠損と開花

つぼみにワセリンを塗っても開花する。曜の縁の横にも気孔はある。曜を互い違いに全て切っても開花する。海綿状組織が一体のため。



図 3：開花前日 18 時の花卉の気孔(2000 倍)

5. 曜の気孔の働き

曜の気孔は 3 日ほどで大きくなる。気孔の数は変わらず曜が伸びると間隔が広がる。開花前日の夕方から花卉の中では師管の周りに大量のあぶくが観察される。23 時ごろにかけて気孔は成長し開花当日の未明に開閉できるようになる。蒸散を始める時期と色の粒に水が入る時期が重なる。温湿度の影響を受け傷むため糖の回収の時には働かない。

【考察】：アサガオは無駄なく多くの花を咲かせるエコな花だ。つぼみはネクターガイドで紫外線を捕捉し光として感じているようだ。LED 灯は紫外線をほとんど含まないが青色光を含む。フォトトロピンが光を感じ気孔が開き開花が進むと考えたが遅れた。フィトクロムや孔辺細胞の葉緑素が光を感じるのだろう。夜間照明で開花が遅れる理由を調べたい。

松かさの鱗片と湿度の相関性

市川学園市川高等学校 2 年 坂本樹

【目的】：マツの種子には種子翼があり、風に乗って遠くに飛ばすことができる。その効果を得るために、晴天などの好天時に松かさから種子を離すことが望ましい。松かさが湿度に応じて鱗片を開閉させるのは「雨から種子を守るため」という仮説を設定し、鱗片に組み込んでいる仕組みを考察した。

【実験】：湿度の急激変化(湿度 100%に急上昇)に対する鱗片の開閉速度(度/分)を調べた。

*急激な湿度変化に対応することができるのか…突発的な雨(晩秋に夕立は起きにくい)において、上記の仮説をもとにすると鱗片を素早く閉じることが望ましい。これを検証するモデルを作成した。

1. 密閉容器に固定した松かさに、霧吹きをかけて、鱗片に接する空気の湿度を急激に上げた。
2. 吹きかけた瞬間から時間の計測を始め、ひとつの鱗片が完全に閉じ切るまで撮影した(図 1)。
3. この松かさを乾燥させたあと、同様の操作をもう一度行った。2つのデータの平均値をとった。



図 1 時間の経過で角度を変えていく鱗片

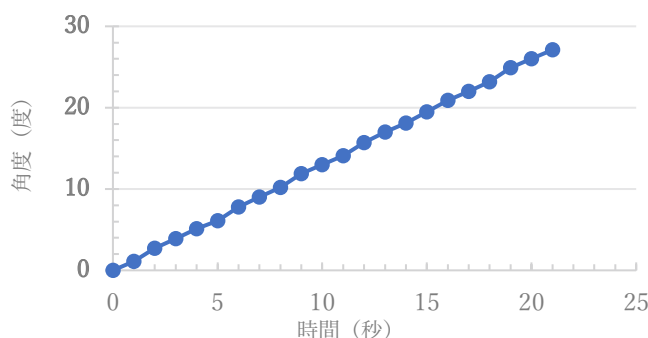


図 2 時間変化に対する鱗片の角度変化

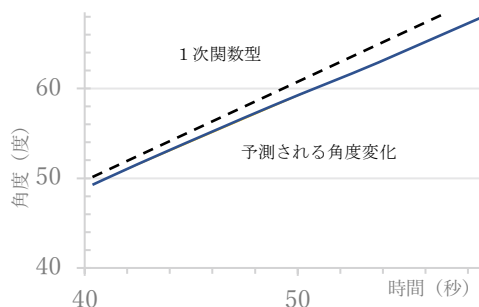


図 3 鱗片の予測される動きの概形

【結果】：鱗片は平均 1.2 度/分の角度変化となった(図 2)。また、開始 2～3 分、5～6 分、18～19 分後には 1.7 度/分と急激な角度変化が見られた。鱗片を完全に閉じるのには 59 分かかった。

【考察・課題】：時間と角度変化に一次関数型の比例関係が見られた(図 2, 図 3 点線)。鱗片が完全に閉じる(0 度から 68.5 度)までこの比例関係(1.2 度/分)が続くと仮定すると、 $68.5 / 1.2 = 57.0$ 分より、実測値とほぼ一致する。ただし、直線型で進むよりも実際はやや時間がかかっているため、傾きが徐々に小さくなってゆくと考えられる(図 3 実線)。この傾きが、ある時間を境に変わった(折れ線型の変化をした)とは考えにくい。なぜなら、鱗片の繊維の伸縮度合いが水分の吸収量で変化するからであり、最初から緩やかな曲線で変化していたと考えられる。今回の測定精度では曲線変化と判断できるほど顕著に変化しなかっただけで、実際は直線を歪めた形になっていると推測した。

湿度の急激な変化に対して、松か사의鱗片は 1 分あたり一定の割合で角度を変化させ、約 1 時間で完全に閉じ切ることがわかった。しかし、現実にはわか雨が降ってきて 1 時間で閉じるというのは、種子を守るという点でうまく適応できていないように思われる。もちろん今回の実験のような雨の降り方は実際には考えられないので、より現実的なモデルで評価をするために、制御が難しい湿度という変数をどのように扱えばよいのかは今後の課題である。

南十字星の葉はなぜ茎と離れやすいのか

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高校

富樫悠人

Crassula perforata var. *variegata*(流通名 南十字星)は茎の周りにひし形の葉がついている(下図)。その葉は茎から簡単にとることができる。葉を落として子孫を増やすセダムなどの植物との共通点を感じたが、南十字星が自然に葉を落とすことはなく、そのことに興味を持って研究を始めた。

断面(茎に対して直角に)を観察すると、茎と葉の間に離層のようなものが見られた。通常離層は器官脱離の際に脱落する器官との間に形成されるものであるが *Crassula perforata* var. *variegata*では自然に脱落という事態は考えにくいため、茎と葉が離れやすいのはほかの理由があると思われる。今後の研究課題としていきたい。



シロツメクサの根の光による緑化現象

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部

河野百羽

【動機・目的】

植物の根では通常、光合成が行われなため、葉緑体が発達する緑化は起こらない。しかし、茎や葉などの地上部が失われると、根で葉緑体が発達する現象が知られていた。試験管に作った寒天培地でシロツメクサ (*Trifolium repens*) を種子から育てている時、私は、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こることを発見した。そこで、光と根の緑化現象の因果関係を明らかにしたいと思い、本研究を始めた。

【実験方法】

無菌操作下で試験管に作成した寒天培地(ガンボーグ B5 を添加)にシロツメクサ種子を播種した。その後、28℃で白色 LED を照射し、一定期間生育した。根部を遮光する群(遮光群)と遮光しない群(照射群)を用意した。図 1 は遮光と照射の群を模式図で示したもの、図 2 はインキュベーター内での育成時の様子。根をスキャナーでスキャンし、ImageJ 上で光の三原色の緑色成分のみを画像から抽出し、その輝度(緑度)を計測した。実験 1 では遮光群と照射群で緑度を比較し、根の緑化を定量した。実験 2 では一定期間遮光して育成した根に途中から光を照射し、緑化の様子を観察した。

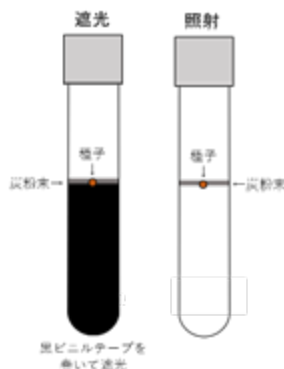


図 1 培地の模式図



図 2 培養時の様子

【結果】

実験 1 の遮光群と照射群の各サンプルの根の緑度の平均値を図 3 に示した。遮光群と比較し、照射群では有意に緑度の増加が見られた。図 4 また、実験 2 で、途中から照射を行ったシロツメクサ根の全体像を、緑度を二値化して図 4 に示した。根の全体で、緑色が検出され、根全体で緑化が起こっていることが示唆された。

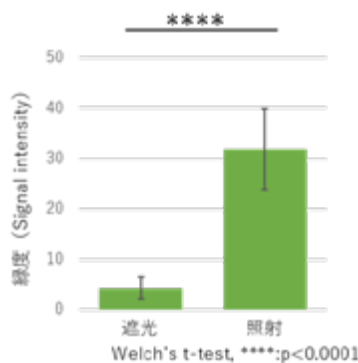


図 3 緑度の平均

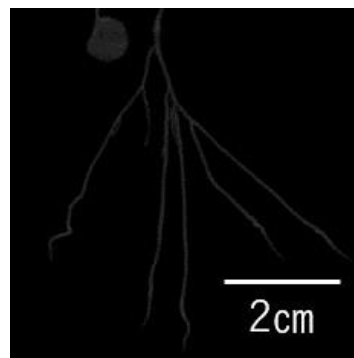


図 4 葉緑体の定量

【考察】

実験 1 から、シロツメクサの根では光が照射されることにより緑化が起こることが示唆された。さらに、実験 2 から、一度白く成長した根が光の照射により緑化し得ることが示唆された。このことから、シロツメクサの根は分裂後にも葉緑体を発現する可能性が考えられた。今後は、根の緑化が植物の生長にどのような影響を与えるのかを、生長速度の定量により調べる予定。

コミヤマスミレ(*Viola maximowicziana*)の謎を追う

～スミレ属全体の分類の見直しへ～

兵庫県立小野高等学校 生物部スミレ班

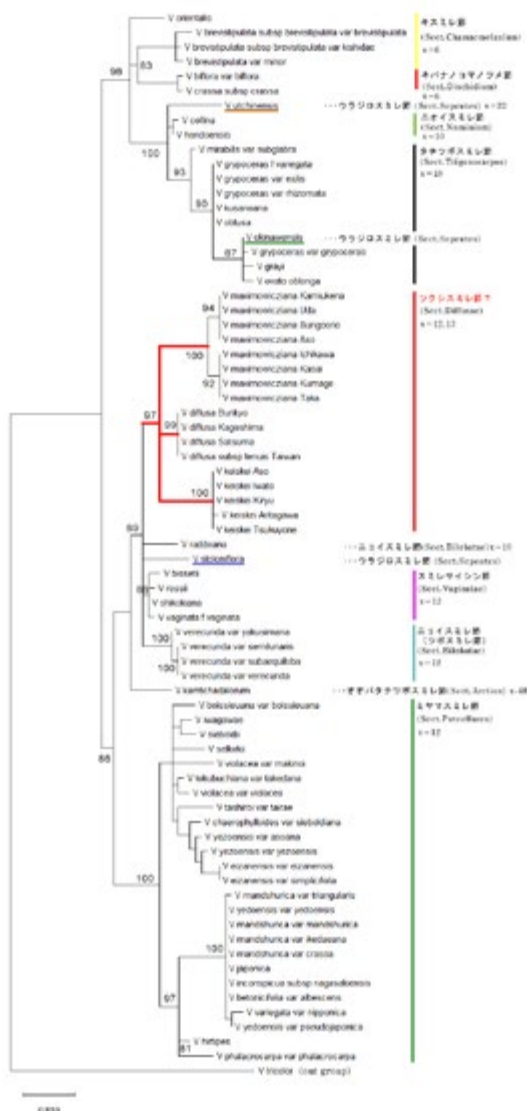
山口夏巳、池邊智也、西村悠生

【目的】：コミヤマスミレはミヤマスミレ節の他種と生育環境が大きく異なり，葉の形態的特徴が異質で違和感がある。コミヤマスミレは別の節のスミレであると仮説を立て，分子系統解析を行った。また，文献から野生絶滅種であるオリヅルスミレ(*V. stoloniflora*)がコミヤマスミレと生育地，形態が似ていると情報を得て，オリヅルスミレがコミヤマスミレの近縁種であるか明らかにすることにした。

【実験方法】：成葉の5mm四方からCTAB法を用いてDNA抽出、葉緑体DNAの*matK*領域、*trnL-F*領域の分子系統解析を行った。コミヤマスミレについては分布を調べ、生育地の照度測定，QGISを用いて地層との関係を調べた。オリヅルスミレ，同節とされるオキナワスミレ(*V. utchinensis*)，シマジリスミレ(*V. okinawensis*)を沖縄美ら島財団総合研究センター植物研究室から提供いただき、この2種も分析した。

【結果】：葉緑体DNAの*matK*領域，*trnL-F*領域ともにコミヤマスミレはミヤマスミレ節のクレードに存在せず，ツクシスミレ(*V. diffusa*)と同じクレードに位置した。オリヅルスミレもコミヤマスミレと異なったクレードに入った。

【考察と展望】：葉緑体DNAの*matK*領域は遺伝子をコードしている領域なのでもともと変異は少ない。にもかかわらず，コミヤマスミレが他のミヤマスミレ節の種と異なり，ツクシスミレと同じクレードにまとまり，さらに遺伝子間領域*trnL-F*領域でも同様であったことから，コミヤマスミレはツクシスミレ節である可能性が高いと思われる。また，中西(2018)で同節とされていたオリヅルスミレ，オキナワスミレ，シマジリスミレは別々の節で，コミヤマスミレとも違った節になることも分かった。図は両方の領域での結果である。現在，核ITS領域でも分析しており，スミレ属全体の分類の見直しを行っていきたいと考えている。

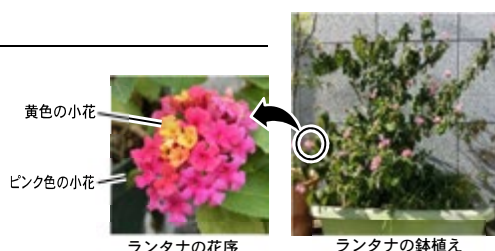


ランタナの花の色について

開智高等学校 農芸部
田中 真如, 小河 莉裳

目 的

ランタナは、一つの花序(約 4 cm)に異なる色の小花(約 5 mm)をつける。本研究では、花色の経時変化や決定要因、色素の性質について調べた。



方 法

実験 1 小花の色の経時変化を調べるために、蛍光灯を入れて閉め切った戸棚の中で生育したランタナの鉢植えを 1 時間ごとに撮影した。

実験 2 土壌 pH が花色に与える影響を調べるために、いったん花序をすべて取り除いたランタナの鉢植えに、土壌を酸性にする硫酸アンモニウム、土壌をアルカリ性にする苦土石灰またはリン酸石灰のいずれかをあたえ、新たに生じる小花の色を 1 ヶ月間観察した。

実験 3 pH によって花の色素がどのように発色するかを調べるために、黄色の小花(以下、黄花)とピンク色の小花(以下、ピンク花)のそれぞれの色素を、熱したエタノールで抽出し、抽出液を塩酸や水酸化ナトリウムを用いて pH 1~13 に調整し、液色や沈殿を観察した。

実験 4 さらに、色素の定性を行うために、黄花、ピンク花にそれぞれ水を加えて破碎し、得た破碎液を、ジエチルエーテルとよく混ぜて数十分おき、水層とエーテル層を観察した。

実験 5 実験 4 同様にして得た破碎液をろ紙を用いてろ過し、ろ液の色を観察した。その後、ろ液と同体積のアンモニア水または塩酸を加え、液色や沈殿を観察した。

結果と考察

実験 1 ランタナの花は、花序の周縁部の小花から順次開花していき、いずれの小花も開花後 2, 3 日かけて徐々に黄色からピンク色に変色した。閉め切った戸棚の中でも花色の変化がみられたことから、花色の変化は虫媒による受粉に依存せずに行われることが分かった。

実験 2 1 ヶ月間では、土壌 pH によって花色に大きな差異は見られなかった。ただし、実験期間中、新しく形成された花序の数が少なかったため、ランタナの生育が旺盛な夏季に、より長期間にわたって再調査する必要がある。

実験 3 黄花とピンク花の抽出液は、いずれも強い酸性条件下で暗緑色の沈殿を生じた。

実験 4 黄花とピンク花の破碎液はいずれもジエチルエーテルと混ぜて数十分おくと、黄色の色素がエーテル層に少量溶けた。これは脂溶性色素(例えばカロテノイド)の存在を示唆する。

実験 5 黄花の抽出液は黄色く、ろ液も黄色かった。ピンク花の抽出液は、抽出後数秒でピンク色から褐色になり、ろ液は黄褐色であった。いずれのろ液も、アンモニア水を加えると褐色となり、塩酸を加えると直後に液が緑色となり、30 分後に暗緑色の沈殿を生じた。

【今後の課題】

- ・クロマトグラフィーによる色素の分離
- ・酸性条件下で緑色を呈する色素の特定
- ・花の色素が生体内で鮮やかな色に維持される仕組みの解明

きのこの生育条件の違いによる成長への影響

神奈川県立神奈川総合産業高等学校 化学工学部

中村 仁香 片峯 ひなた

【研究背景・動機】

きのこは成長する過程で菌糸を増やし、その菌糸に刺激を与えることによって子実体（きのこ）が生える。菌糸への刺激としては、電気・温度・栄養・化合物など多様な方法がきのこの人工栽培で試行されている。私たちは、入部体験の際にきのこ作りを体験した。その中で、菌糸の状態から子実体ができる過程に興味を抱き、菌糸への刺激の条件を変えると、きのこの成長へどのように影響が及ぶか疑問に思い研究を行うこととした。

【実験方法】

① 培地作り

培養試験管 1 本あたり、おがくず 25.0g、いりぬか 7.0g、小麦ふすま 3.0g を秤りボールに入れた。水を少量ずつ加え、よく混ぜる。水の量は土を手で握ったとき水が滴り落ちるくらいにした。水が適量になったら、培養試験管に詰めアルミホイルで蓋をした。その後、オートクレーブにて加熱滅菌（121℃, 30 分）を行った。

② きのこの植え付け

きのこ（えのき、しめじ）の内側の外気に触れていない部分を採取し、培養試験管内の培地に植え付けた。その後、えのきは 15℃、しめじは 20℃の条件で各培養試験管をインキュベーター内に置き、菌糸が十分生えるまで保存した（約 2 ヶ月程度）。

③ 菌糸への刺激

菌糸が培養試験管に全体的に生えてきたら、菌糸に刺激を与え、それぞれインキュベーター内で適温下にて生育経過を観察した。本研究では、えのきとしめじのそれぞれの菌糸に、以下の刺激を与え、各きのこの成長の違いを観察した。

- a) 電源装置を使い、約 10V の電圧を菌糸に与えた。
- b) 30～35℃に調節したインキュベーターに子実体が生えるまで入れた。
- c) 5～10℃に調節したインキュベーターに子実体が生えるまで入れた。
- d) 培養試験管を水で満たし 2～3 日放置させ、水を抜いた。
- e) 培養試験管を塩水で満たし 2～3 日放置させ、塩水を抜いた。
- f) 菌糸を紫外線に 1 日当てた。
- g) 菌糸を自然乾燥させた。

【現在の状況・今後の展望】

現在、予備実験の段階で正確な結果が得られていないが、今後はきのこの種類や、刺激を与える方法を増やすなどして、きのこがどのような環境で生育することができるのかより詳しく調べていきたい。

シロイヌナズナの葉柄が長くなる変異体を用いた葉の形態形成機構の解析

広島学園高等学校 植物チーム 東木美桜・萩原美優・八木橋春和

【背景・目的】

本研究で用いる *CaD428* は、シロイヌナズナの野生型 *Col* に EMS 処理を行い得られた変異体である。明期 8 時間、暗期 16 時間の短日条件下で生育したところ、*CaD428* と野生型 *Col* で葉柄の長さには有意な差が見られ、*CaD428* の方が葉柄が長かった。図 1 は播種から 4 週間目の *CaD428* と *Col* の葉を左から古い順に並べたものである。また、*CaD428* には花芽形成遅延の性質もあり、原因遺伝子は *EFM* (*EARLY FLOWERING MYB PROTEIN*, AT2G03500) であることが示唆されている(吉田安佑, 2017 年)。

本研究の目的は、*CaD428* の性質である短日条件下で葉柄の長さが長くなることの原因となる遺伝子を特定し、最終的には葉の形態形成機構の解明につなげることである。



図1: 播種4週間目の短日条件下で育てた *CaD428* (左) と *Col* (右) の葉

【結果・考察】

① 変異が優性であることの検証

F_1 が短日条件下で葉柄の長さが長いことが 6 個体中 6 個体が目視で確認されたため、変異が優性であることを検証した。播種から 8 週間目に F_2 と共に育てた *Ler* の葉柄の長さの平均が 20.6 ± 2.09 mm、*CaD428* の葉柄の長さの平均が 39.0 ± 5.29 mm となった。そこで、*t* 分布で区間推定をしたところ、葉柄の長さが 32.7 mm 以上であれば 95% の信頼区間で *CaD428* と同じ変異体の形質を示す *CaD428* 型と言えることと算出できた。その後、すべての F_2 の個体の葉柄の長さが基準より長いのか短いかを判断したところ、*CaD428* 型が 76 個体、*Ler* 型が 29 個体、成長不良が 3 個体となった。*CaD428* 型と *Ler* 型の割合が約 3:1 となったことから、短日条件下で *CaD428* の葉柄の長さが長くなる性質は優性であると考えた。

② マップベースクローニング

Ler と *CaD428* の繰り返し配列の長さの差を用いて、マッピングを行った。この性質は優性であると分かったことより、葉柄の短い *Ler* 型を示した F_2 の 25 個体を用いた。この 25 個体における原因遺伝子付近の遺伝子型はすべて *Ler* 型であると想定し、 F_2 の 25 個体それぞれのバンドの位置を遺伝子型既知の DNA と比較し、*Ler* 型、*Co* 型、*Hetero* 型のいずれかを判断した。その結果から、第一染色体の 13.8 Mbp や 26.7 Mbp、第二染色体の 7.8 Mbp において組換え価が低いことが分かった。また、第二染色体の 7.8 Mbp 以上は組換え価が高かったため、*EFM* が座乗する第二染色体の 1.06 Mbp に葉柄伸長の原因遺伝子が座乗している可能性があると考えた。そのため、*EFM* が葉柄伸長に関係していると考えた。

③ 葉柄伸長と花芽形成遅延の関係

葉柄伸長と花芽形成遅延の関係を検証するため、 F_2 個体の葉の長さを測り、全個体について *EFM* の座乗位置の遺伝子型が *CaD428* 型か野生型かを調べた。*EFM* が座乗する場所の遺伝子型にもとづいて F_2 個体をグループ分けし、Tukey-Kramer の多重検定を用いて、各グループにおける葉柄の長さに差があるかどうかを調べた。

CaD428 型と *Hetero* 型では葉柄の長さには有意な差が見られなかったが、*Hetero* 型と *Ler* 型、*CaD428* 型と *Ler* 型では有意な差があった。また、*EFM* の塩基配列に変異が入ったプライマーを用いた実験でこの性質が優性であるとわかったため、*CaD428* における葉柄伸長には *EFM* が関係すると考えた。*EFM* は花芽形成を抑制する役割だけでなく成長段階全体を制御していると考えられた。

紅葉の逆！？ 赤から緑へ変化するレッドロビンの観察

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

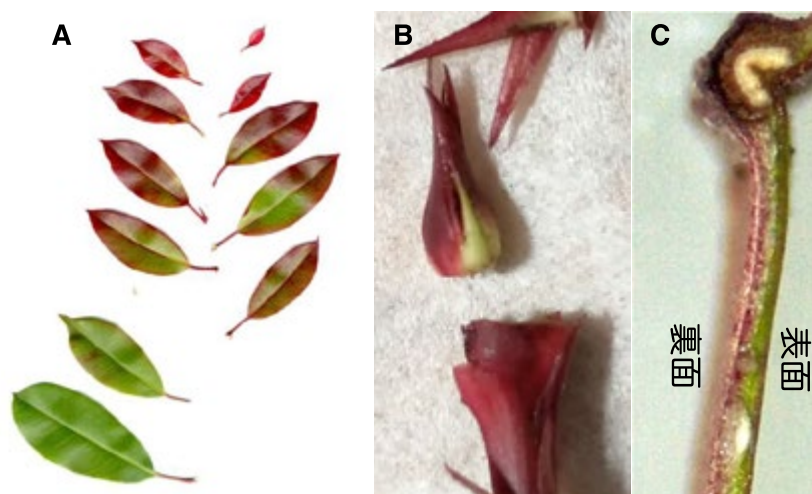
村上健太

生け垣などによく利用されてるレッドロビンは、バラ科カナメモチ属のカナメモチ (*Photinia glabra*) とオオカナメモチ (*P. serrulata*) の雑種である。新芽は赤いが成長すると緑色の葉になるという紅葉とは逆の仕組みに興味を持ち、研究を始めた。

自宅の周辺の生け垣を観察していると、日当たりの良い面のレッドロビンの新芽は鮮やかな赤色をしているが、逆側の葉は先端近くまで緑である傾向が見られた。また日差しの強い夏は新芽の赤色が薄くなり、晩秋から冬にかけては赤黒い色になったが、成長した葉は紅葉もせずに緑色のままであった。

赤色になっている様子を観察するために、新芽の枝から葉を外して茎頂に近い側から並べて比較したところ(下図)、先端から数枚は非常に濃い赤であるが、その後急激に緑になっていた。また茎頂近くを切断して観察すると、赤い葉で包まれている非常に小さい葉は緑色であった。つまり最初は緑色の葉が形成されて、太陽が当たると赤色になり、さらに成長が特定の段階に達した時点で急速に緑化すると推測される。

葉を切断して断面を観察したところ、赤色が薄くなり始めている葉は均一に色が薄くなっているのではなく、葉の表側が緑色で裏側が赤色であった。これはモミジの紅葉とは逆であり、おそらくレッドロビンは光がよく当たる側から緑化する性質があると考えられる。最初に赤色になることと、成長が進むにつれて光が当たると緑化することの違いについて、今後解析していきたい。



A レッドロビンの葉を茎頂に近い部分から順番に並べた。
 B レッドロビンの茎頂付近を切断すると内部は緑色の葉が見える。
 C レッドロビンの葉の表面から赤色が消えていく。

シロタエギクの白い毛は強すぎる光を弱めている！？

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

玉川 あかり

(研究指導：古橋卓教諭、中川知己博士)

庭を飾るために育てられることもあるシロタエギク(図 1)、育てる人は葉と茎が白いその見た目に惹かれたのだろう。私も白い見た目に興味を持ち研究を始めた。シロタエギクが白色に見える理由は白い毛で覆われているからであると私は最初に考えていた。

葉の構造を観察するために水中で減圧して毛の間にある空気を除いたところ、驚くことに白かった葉が緑色に変わった(図 2)。つまり、毛が白いのではなく隙間にある空気が光を反射することでシロタエギクが白く見えるということに気づいた。そこで、減圧前と減圧後の葉の色を赤(R)、緑(G)、青(B)に分けて調べてみると、白い毛によって青が特に反射されている可能性が示された。しかし、毛のみを集め吸光度計で測定すると、RGB の吸収または反射に差は出なかった。

RGB 解析では青色を特に反射していると思われたが、吸光度計で毛のみを用いて測定すると結果が変わったのは測定物の違いが考えられる。RGB 解析では減圧前の白い葉と減圧後の緑の葉の差が値として出ている。よって、RGB 解析では葉本体の色に青が赤、緑に比べて少ないため青を特に反射しているという結果が得られた。しかし、吸光度計を用いた測定では白い毛のみで値を出しているため、葉本体の色は結果に含まれていない。この違いによって、結果が変わった可能性があるということだ。いずれにしても、白い毛が光合成に使う光を反射していることに変わりはない。なぜ光合成を行いつらくしているのだろうか？これには、シロタエギクの原産地である地中海沿岸の気候が関係していると考えられる。なぜなら、地中海は乾燥していることが特徴であり、シロタエギクも似た環境に生息していると推測できるからだ。このことから、光を反射することで光合成を少なくすると、蒸散による水分の流出を減らすことができ、乾燥した環境下でも生存できると考えている。



図 1.シロタエギク



図 2.シロタエギクの葉 左:減圧前 右:減圧後

斑のパターンはどのように決まるのか？

～アメリカヅタとヒポエステスの比較～

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

中西琉花

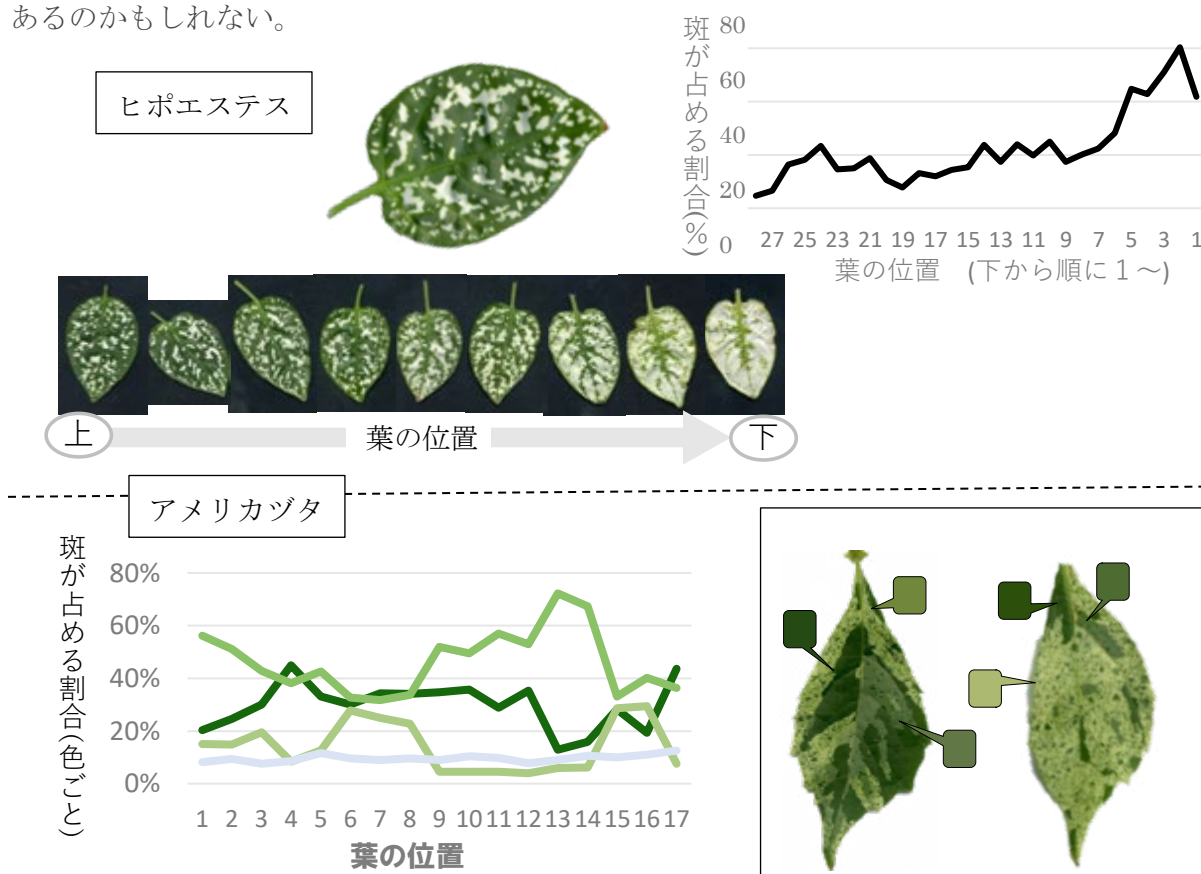
研究指導：古橋卓教諭 中川知己博士

園芸店や植物園などで、葉に白い「斑(ふ)」を形成する植物を見かけることは多い。私は斑入り植物の斑の形成にどのような法則性があるかについて興味を持ち、研究を始めた。

キツネノマゴ科のヒポエステス (*Hypoestes phyllostachya*) の葉に形成される斑は、一見すると法則性が無いように思える。しかし植物全体を眺めている時に私は、上の方の葉の斑は少なく、根元の葉の斑が多いことに気が付いた。そこで写真を撮って斑の面積を測定すると、やはり上から下に向かって斑が増えていくことが判った。

一方で私が栽培しているアメリカヅタ (*Parthenocissus quinquefolia*) の斑は、ヒポエステスのような緑・白だけではなく、程度の異なる薄い緑が複数観察される。植物体全体を見ても一見すると法則性が無いようにも思えたが、色によっては法則性がある可能性を考えて、同様に面積を測定したが特に法則性は見いだせなかった。

インターネットで検索すると、アメリカヅタは大部分が斑の無いタイプが多く見つかるが、ヒポエステスは斑のあるタイプしか見つからない。明確な記述は見つからなかったが、アメリカヅタの斑は園芸品種のみで、ヒポエステスは自然界で斑入りで生育している可能性が考えられる。そのように考えると、ヒポエステスの法則性は生存に有利に働く何らかの意義があるのかもしれない。



なぜヨーロピアンウォータークローバーの葉は変形するのか

ノートルダム清心学園清心女子高等学校（生命科学コース）

伊藤真那・小寺りり子

【目的】

ヨーロピアンウォータークローバーを水中で育てると、空気中で育てた場合と比べ、変形した葉が新しく生じる。私たちはどのようなしくみでこのような葉の形態変化が生じるのかを明らかにしたいと考えた。空気中と比べ、水中では光が散乱しているため、植物が受け取る光の成分が異なるのではないかと考え、光の波長を変えて生育させることを試みた。また、光の波長の違いは植物ホルモンの生成に関わり、それが葉の形態変化を引き起こすのではないかと考えた。そこで私たちは、「青い光を当てることでアブシジン酸が発現し、それが水中葉の変形にかかわっている」という仮説を設定し、それを検証する実験を行った。

【実験方法】

（実験1）地上葉・水中葉それぞれに青色光及び赤色光を当てて育てた。

（実験2）葉にアブシジン酸が含まれているかを調べるため、レタスの種子を用いたバイオアッセイを行った。下記の条件の溶液（葉の抽出液は、少量の99%エタノール中で葉をすりつぶし、水を加えて作製した）を添加し、発芽の様子を3日間育成した。

溶液①：水中葉（水道水・青色光で生育させた水中の葉）の抽出液

溶液②：地上葉（水道水・白色光で生育）の抽出液

溶液③：水中葉（水道水・白色光で生育）の抽出液

溶液④：水中葉（水道水・青色光で生育させ、水面上まで伸びた葉）の抽出液

溶液⑤：0.1mol/L アブシジン酸水溶液

溶液⑥： 10^{-6} mol/L アブシジン酸水溶液

水道水：抽出液ではなく、水道水を与えて発芽させたもの（対照実験）

【結果】

実験1の結果、青色光を当てた水中葉の株から、水面を越えて伸びた地上葉が出現した（図1）。赤色光を地上葉・水中葉それぞれに当てても葉の形態変化は見られなかった。また、実験2の結果、溶液④⑤は発芽せず、①②③⑥では発芽はしたものの、水道水より発芽日数が長くなった。また、溶液①②③⑥の中では⑥の発芽が一番早かった。



図1

【考察】

青い光を当てることで葉が変形するので、青色光が葉の形態変化を引き起こす外部環境要因の一つであると考えられる。また、青色光により形態変化を起こした水中葉由来の抽出液によりレタスの発芽日数が長くなったため、青色光により水中葉内にアブシジン酸が生成されたと考えられる。

【今後の課題】

アブシジン酸溶液の濃度とレタス種子の発芽日数との関係から検量線を作成し、青色光を与えることでどれ位の濃度のアブシジン酸が合成されたかを確かめたい。また、アブシジン酸溶液とその生合成阻害剤のフルリドン溶液を用いた実験を行い、アブシジン酸と葉の形態変化との関わりをより明らかにしたいと考えている。

H-24

外来植物からバイオエタノールをつくり、カーボンニュートラルなエネルギーを考える

東海大学附属諏訪高等学校 1 年理数科 牛尼萌那・小口真結子・竹内そのか・両角みなみ

目的 ①外来植物からエタノールを作る。②高価なセルラーゼの代用物質を身の回りから探す。

【実験 1】事前実験として食べ物であるサツマイモでバイオエタノールを作る。

①サツマイモと麴を入れミキサーにかける。②恒温槽で発酵させる。③ろ過をして蒸留する。

【結果】液に火が付いたのでアルコールであることを確認。

【実験 2】外来植物からバイオエタノールを作る。

① 乾燥植物に NaOH 加え加熱。②硫酸で pH4~6 にしてセルラーゼ、酵母を加え 恒温槽に放置。

【結果】エタノールはあまり検出されなかった。

【考察】エタノールを作できるが少量であり、そしてセルラーゼにコストがかかる。

【実験 3】高価なセルラーゼの代用物質として駆除鹿の消化管を利用。

胃内の微生物がセルロースを分解するため、「セルラーゼ」と同等の働きをすると推察した。

① 外来植物 3 種類、サンプル、酵母、水、を乳棒ですり潰しながら混ぜる。②パラフィルムで蓋をして恒温槽で放置する。③バイオエタノール検知管で濃度を計測する。(下表)

【結果】反芻動物の消化管は、セルラーゼの代用が可能。

【考察】消化管の中でも第 4 胃と小腸はセルラーゼ以上の働きをする可能性がある。容器から気体が漏れないように改良する。消化管の長期冷凍保存は可能か検証する。

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
名称	第 1 胃	第 2 胃	第 3 胃	第 4 胃	小腸 上(頭)	小腸 下(尻)	大腸	試料 セルラーゼ	試料 のみ	試料 のみ
酵母	0.3 g	0.3 g	0.3 g	0.3 g	0.3 g	0.3 g	0.3 g	0.3 g	なし	0.3 g
p p m	80	250	250	380	300	420	230	320	—	—

【実験 4】実験 3 の検証

【実験 3 との相違点】消化管が長期冷凍保存された物。容器をジップロックで代用し、検知管が前回と違うメーカーのもの。

【結果】エタノールは検出できなかった。

【考察】消化管の保存状態とアルコールを採取する最適条件を検証する。

まとめ 一般的なバイオエタノールが実現を妨げてしまう SDG s の問題として『飢餓をゼロに』が挙げられる。もし外来植物を利用し、大量のエネルギー作りが実現すれば循環型社会が形成でき、世界問題を 1 つ解決する、第一歩になるかもしれない。今後も脱炭素社会の実現に向け、研究を進めたい。

参考文献 2019 年度 東海大学附属諏訪高等学校 理数科課題研究成果報告 P 9~12 外来植物でバイオエタノールを作ろう！

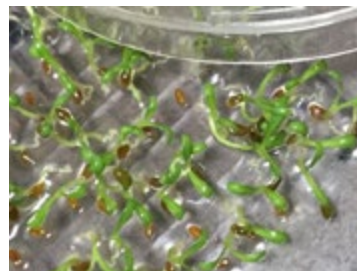
植物種子の発芽競争

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部

丸田環

実験中のシャーレの写真

【目的】：オオバコ種子はシロツメクサ種子が近くにある場合発芽が早まるという報告があった。本研究ではその現象を確かめると共に、シロツメクサ種子や他の種子にも発芽促進現象が起こるのか、発芽促進現象がどのような情報を介して起こるのか、明らかにする。



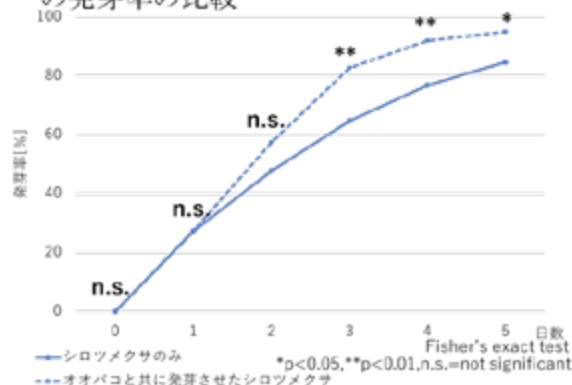
【実験方法】：9cm シャーレの寒天培地を $10 \times 10 = 100$ 区画に分け、マス（区画）中央に種子を置き、 28°C インキュベーターに入れ 24 時間ごとに写真撮影し、発芽数をカウントした。種子の条件を変え、7 つの実験を行った。

【結果】：実験の結果、以下の 6 つの事が分かった。

1. シロツメクサ種子でも発芽促進が見られる (図 1)。
2. 種子の抽出液でも、発芽促進は引き起こされる。
3. エタノールに漬けた種子では、発芽促進は引き起こされにくい。
4. 圧力釜で加熱した種子では、発芽促進は引き起こされない。
5. 促進物質の効果範囲は 9cm シャーレの半径分以上ある。
6. サルスベリはシロツメクサと共に発芽させても発芽促進を起こさないが、シロツメクサはサルスベリにも反応し発芽促進を起こす。

図1

「シロツメクサ種子」と「オオバコ種子と共に発芽させたシロツメクサ種子」の発芽率の比較



【考察】：結果 1 からオオバコ以外の種子も発芽促進を起こす事が分かった。しかし、結果 6 からサルスベリには促進物質の受容体は存在しない可能性がある。結果 2 から促進物質は水溶性である可能性がある。結果 3、4 から促進物質はエタノールや熱によって失活する。以上より、発芽促進物質はタンパク質である可能性が考えられる。結果 5 により促進物質は、高分子化合物であるタンパク質である可能性と矛盾する。今後は、より多くの種子での発芽促進現象を探索し、発芽促進現象のしくみの解明に向けて実験を行っていききたい。

透明標本

作る過程についてのコスト削減 過程変更による影響

東海大学付属諏訪高等学校 2年理数科 竹内友寿・牛山久義・吉田ひかり・藤田裕眞

【研究の動機】

- ・ 綺麗で生物の骨の構造を知ることができる透明標本に興味を持った為。
- ・ 透明標本をきれいに、そして安価に作ることができるのか調査実験したかったため。

【研究の目的】

- ・ トリプシンを漂白剤に変え、試料を中性にすることができるかを調べる。
- ・ トリプシンの分解酵素を含んだ安価の商品に代用できるかを調べる。

【実験の仮説】

- ・ トリプシンと同程度のpHを持つ洗剤を使うことによってたんぱく質を分解できる。
- ・ pHは異なるが分解酵素のある薬品を使うことによってたんぱく質を分解できる。

【標本の作り方】

1. ホルマリンに漬ける
2. 皮を剥ぐ、内臓を取り出す
3. エタノールに漬ける
4. アリシアンブルーに漬け、軟骨を染色する
5. 四ホウ酸ナトリウム量飽和水溶液に漬ける
6. トリプシンを溶かした 0.5%水酸化カリウム水溶液に漬ける
7. アリザリンレッドを溶かした 0.5%水酸化ナトリウム水溶液に漬ける
8. グリセリンに漬ける



【結果】

- ・ トリプシンの代わりに使った漂白剤では変化が無かった。
- ・ 純粋なトリプシンではなく今回使った薬品でも代用ができたが比べると多少劣っている。

【考察】

- ・ トリプシンと同じアルカリ性の漂白剤ではタンパク質は分解されず、分解酵素が必要。

ゆめちからの最適な栽培密度

開智高等学校 農芸部

田中 真如, 小河 莉裳, 南 明里, 佐伯 峻佑, 得能 美咲, 東 優花, 浦野 はな, 大工 遥, 高瀬 苺香

目 的

2017 年, 我々は Pasco 主催のゆめちから栽培研究プログラムに参加し, 横 90 cm × 縦 45 cm × 深さ 25 cm の指定のプランターに, ゆめちから(コムギの一品種。以下, コムギ)の種子 60 粒を, 15 粒 × 4 列で播種, 生育した。その結果, 中央 2 列の収量が両端 2 列の収量の約半分にとどまった。そこで, 「コムギをプランター栽培する場合, 畑の推奨密度では, 個体間の光・肥料をめぐる競争に伴う生育不良が顕著になるため, 低密度で栽培したほうがよい」という仮説を立て, これを検証した。

方 法

下表の条件でコムギを生育し, 収穫後, 収量, 穂数, 穂長, 種子数などを測定した。

2018 年度	プランター(深さ 26 cm)	一般的な畑の推奨密度, その 1/2, 1/4, 1/8 の密度
2019 年度	プランター(深さ 26 cm)	一般的な畑の推奨密度の 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 の密度
2020 年度	運動場に開拓した畑	一般的な畑の推奨密度, その 1/2, 1/4, 1/8 の密度

結果・考察

◎ プランターや運動場の畑におけるコムギの最適な栽培密度の検討

面積あたりの収量は, 栽培密度によらずほぼ一定で, およそ最終収量一定の法則に従った。また, 同密度では, プランターよりも畑で収量が多くなる傾向がみられた。これは, 利用できる資源量に上限があり, その量がプランターよりも畑のほうが多いためと考えられる。ただし, 運動場に開拓した畑では, 一般的な畑の推奨密度の 1/4 以上の密度で, すでに収量が頭打した(密度を高くしても, 収量が増加しなかった)。これは, 運動場の畑では, 一般的な畑に比べて根が深く張れないなどの要因により, 比較的低い密度でも個体間の競争に伴う成長抑制が顕著になるためと考えられる。

また, プランター栽培では, 低密度のほうが, 遅い時期まで緑色の葉をつけており, 生育良好であったため, アブラムシ(黄色く弱った葉を好んで食べる昆虫)による被害や水切れ(数日間の晴天つづきに伴う水不足)の影響が少なかった。

これらの結果から, 栽培を成功させやすい最適な密度は, プランターでは一般的な畑の推奨密度の 1/32 かそれ以下, 運動場の畑では一般的な畑の推奨密度の 1/4 程度であると考えられる。

◎ 高密度栽培で, 個体あたりの収量が低下するしくみ

穂長(穂の長さ)や種子重(種子 1 粒の重さ)は, 栽培密度によらずほぼ一定であった。一方, 高密度栽培では, 粒着密度(穂 1 cm あたりの種子数)や 1 個体あたりの穂数が減少することで, 1 個体あたりから得られる種子数が減少し, 個体あたりの収量低下をもたらしていた。この傾向は, 運動場の畑とプランターの両方でみられた。

シロイヌナズナにクラシックを聴かせた時の反応について

藤井 響

(玉川学園高等部 2 年 SSH リサーチ生物班)

【1:目的】

植物の成長は、様々な外的要因の影響を受ける。音つまり周波数もその 1 つであると考えられる。昨年度の研究では、シロイヌナズナに周波数 3000 Hz の音を聴かせた時と聴かせない時の葉柄や葉の大きさを測定する実験を行った。その結果、3000Hz を聴かせた条件において成長が促進される傾向を確認した。その結果から、本実験では特定の周波数ではなく、様々な周波数の音楽を聴かせて植物の成長について実験を行う。本実験で用いた音は(モーツァルトのクラシック)を用いて実験を行った。一般的に植物にモーツァルトのクラシックを聴かせるとよいといわれている。しかし、科学的根拠は少ない。そのため今回は音が植物の成長に影響を与えるという仮説を提唱し検証を行った。

【2:実験方法】

供試植物にシロイヌナズナを使用した。光条件は、光量 $120 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 光環境は蛍光灯型 LED を利用した。生育環境条件は植物培養インキュベーターを用いて温度・湿度・光源を一定にした。シロイヌナズナは(交響曲第 3 1 番)の音楽を流した条件(音あり条件)と何も音楽を流さない条件(音なし条件)の 2 条件で実験を行った。交響曲第 3 1 番には様々な楽器が使われており様々な周波数が多いためこの曲を使用した。測定項目は、シロイヌナズナの形態観察に加え、発芽率、葉柄、葉の大きさを測定した。

【3:結果と考察】

発芽率は(音あり条件)が 105 個中 46 個、(音なし条件)が 105 個中 56 個という結果になった。それぞれの区画から 4 個体ずつ回収しそれぞれの葉の縦と横の長さや茎柄の長さを測定し平均を求めた。この結果より(音あり条件)のシロイヌナズナのほうが(音なしの条件)のシロイヌナズナより大きく育った。

発芽率に関しては、(音なし条件)の方が高い傾向があるが、成長に関しては(音あり条件)の方が促進されていた。今後は発芽率と成長の関係性に関して実験を行っていく。

今後は、「音」の有無によって植物の成長速度を確認し、「音」に影響を受けている時期等を特定し、音と植物の関係性について明確にしていきたい。

シロイヌナズナの遅咲き変異体における 花芽形成関連遺伝子群のRNA-seq解析

広尾学園高等学校 植物チーム

小松原美乃

【背景・目的】

*CaD428*は野生型 *Col* にEMS処理をして得られたシロイヌナズナの一塩基置換の変異体であり、*Col* よりも遅咲きになる表現型を示す(吉田ら(2017)より)。また、*CaD428*のゲノムDNAの全塩基配列は次世代シーケンサを用いて解読済みである(神谷(東京大学),未発表)。本研究では、この遅咲き変異の原因遺伝子の関連遺伝子群の働きを解明することを目的としている。

【方法】

RNA-seq実験によって網羅的に遺伝子の発現量を調べる。その上で栄養生長期と生殖生長期に当たる生育日数を求めるために、長日条件下で一定期間生育させたサンプルを短日条件下へ移動させて花芽形成を開始するかどうかを観察した。

〈RNA-seq実験〉

*Col*の花芽形成開始時期より栄養生長期は20日間生育させたもの、生殖生長期は25日間生育させたものとして、*Col*と*CaD428*をそれぞれ長日条件下、短日条件下で生育させたサンプルの栄養生長期と生殖生長期を2サンプルの遺伝子の発現量を調べた。

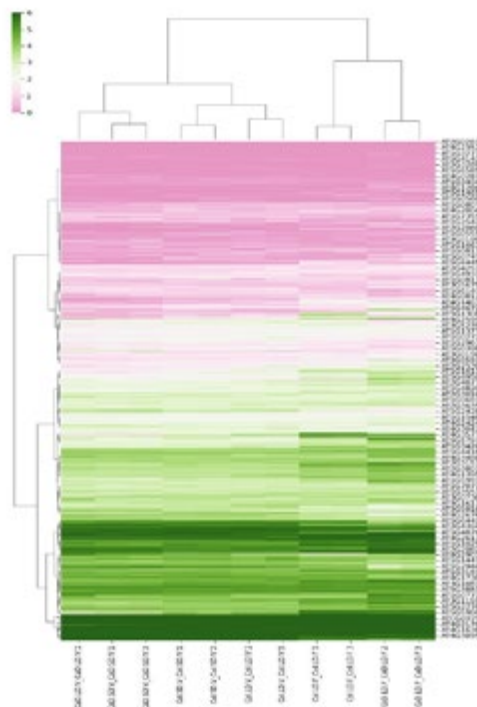
〈遺伝子クラスタリング解析〉

python3でseabornのclustermapによってサンプル、各々遺伝子を発現量でクラスタリングしたヒートマップを作成した。

【結果・考察】

26日間長日条件下で生育されたサンプルは花芽形成しなかったのに対して27日間生育したものは5サンプル中4サンプルが花芽形成の開始を確認できたことより、その間に花芽形成が開始されていると推測した。

ダナフォームより作成いただいたヒートマップから、長日条件下で生育した*Col*と*CaD428*の栄養生長期のサンプルにおいて発現量に顕著な差があった遺伝子はすべて*CaD428*において発現量が多いものであったので、それらの中に現遺伝子が存在し、かつその遺伝子は花芽形成を抑制する働きを持ち、長日条件のシグナル下にあることがわかった。このことより、吉田らの先行研究で挙げられていた候補から花芽形成抑制遺伝子であるEFM(*Early Flowering MYB Protein*)であることが示唆された。全遺伝子の発現量より作成したクラスタマップが右のようになった。現在、別の研究チーム(武本、蜂屋、細田)と協力して、すべての遺伝子発現量の対数からclustermapメソッドを用いて距離行列を計算し、任意のクラスターにおけるヒートマップを複数作成して解析を行っている。今後私は、変異の原因として有力な候補として挙げたEFM以外で変異に関連している遺伝子の働きを明らかにするために、候補の遺伝子の周辺遺伝子の働きを調査しようとしている。



緑茶が抗生物質の抗菌効果に与える影響について

～市販の緑茶を用いた解析～

秋田県立秋田高等学校 生物部緑茶班

山田優衣、深井聡輔、平川青空、荒井優菜

【目的】：我々は、医療現場で問題となっている薬剤耐性菌感染症の解決を目指し、既存の抗生物質を効果的に利用するための基礎的なデータを集めたいと考えた。抗生物質アンピシリン（以下 Ap）の作用が緑茶成分物質によって増強される例（Shiota *et al*, 1999）に着目し、本研究では、緑茶や緑茶成分の化合物、細菌の種類を様々な組み合わせで用いて、抗生物質 Ap の抗菌効果の増減を調べることを目的とした。

【材料】：指標菌として、大腸菌（*Escherichia coli*）AB1157 株、DH5α 株、JM109 株、枯草菌（*Bacillus subtilis*）NBRC13719 株を用いた。緑茶として、市販の緑茶 A、B、C、D、緑茶成分の化合物として、(-)-エピガロカテキンガレート（以下 (-)-EGCg）、アスコルビン酸、カフェイン、テアニン、(-)-エピカテキン（以下 (-)-EC）を試料とした。抗生物質は β-ラクタム系の Ap、指標菌用培地は LB 培地を用いた。

【実験方法】：各細菌を LB 液体培地に加えて最適温度で一晩振とう培養し、リン酸緩衝液で希釈した。希釈した菌液を LB 寒天培地にまき、その後、Ap と試料の混合液を染み込ませたペーパーディスクを LB 寒天培地に乗せ、最適温度で一晩培養した。形成された阻止円の直径を計測し、Ap 単独処理時の阻止円の直径を a cm、Ap と試料の同時処理時の阻止円の直径を b cm とし、阻止円の直径の変化率を次の式で求めた。

$$\text{変化率}[\%] = \frac{b-a}{a} \times 100$$

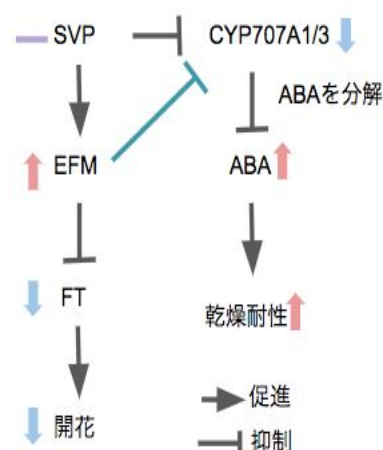
【結果、考察】：今回用いた市販の緑茶と菌株の組み合わせでは、Ap の抗菌効果に顕著な変化は見られなかった。大腸菌 AB1157 株において Ap の抗菌効果を抑制する (-)-EC（住谷ら, 2018）が含まれているにもかかわらず「市販の緑茶 A～D」で Ap の抗菌効果の抑制が見られなかったことから、今回は特定には至らなかったものの、「市販の緑茶 A～D」には、Ap の抗菌効果を促進するまたは (-)-EC の作用を阻害する物質が含まれていることが示唆された。また、大腸菌 JM109 株において、アスコルビン酸が Ap の抗菌効果を抑制した。「市販の緑茶 A」にはアスコルビン酸が含まれているにもかかわらず「市販の緑茶 A」で Ap の抗菌効果の抑制が見られなかったことから、今回は特定には至らなかったものの、Ap の抗菌効果を促進するまたはアスコルビン酸の作用を阻害する物質が含まれていることが示唆された。一方、大腸菌 DH5α 株、枯草菌 NBRC13719 株においてテアニンが Ap の抗菌効果を促進し、枯草菌 NBRC13719 株において (-)-EGCg とカフェインが Ap の抗菌効果の抑制した。以上より、緑茶成分の化合物による Ap の抗菌効果への影響は、化合物の種類と細菌の種や菌株の組み合わせによって様々であり、化合物同士の単なる相互作用ではなく、細菌の種や菌株ごとに異なる仕組みによるものだと考えられた。

【結論】：テアニンが抗生物質 Ap の効果を促進する例を発見し、抗生物質を有効に利用する方法を開発していく上で有効な手掛かりを得る事が出来た。今後テアニンに構造が類似した物質を調べるなどして、幅広い細菌に対し Ap の抗菌効果の促進をもたらす物質を探していきたい。また、Ap 以外の抗生物質や緑茶成分の化合物、他の緑茶成分物質を複数組み合わせるなどしてさらに知見も得ていきたい。

シロイヌナズナのEFM遺伝子変異が 花成遅延及び乾燥耐性の向上に与える影響の解析

広尾学園高校 植物チーム
嶋多七海

【背景】シロイヌナズナの変異体CaD428は野生型Colと比べて3週間ほど遅咲きである。前任者はこの形質が劣性の1遺伝子に起因することを示した。また、CaD428のEFMプロモーター領域にはCからTの一塩基置換があることから(1)、花成遅延は、開花スイッチとなるFTを抑制する遺伝子EFMの過剰発現により起きているという仮説を立てた(2)。また、CaD428はColと比べ乾燥耐性を持つことが示唆されている(3)。そして、EFMの上流遺伝子であるSVPが過剰発現すると、ストレス応答を抑制するCYP707A1/3の発現が抑制されることが知られている(Zhen W et.al.2018)。以上のことから、CaD428において過剰発現が予想されるEFMが、CYP707A1/3を抑制しているという仮説を立てた。本研究はCaD428の花成遅延および乾燥耐性向上とEFMの関連を示すことを目的とする。(1)(2)2019_日本植物細胞分子生物学会_吉田(3)2019年度成果報告会_橋本中村櫻木



【戦略】

(花成遅延) EFMの転写量はリアルタイムPCRによる定量が難しい(Yan Y et.al.2014)。そこでpKIR1ベクター(Hiroki T.2016.et.al)とpABEベクター(Kang et.al.2018)を用いた、CRISPR-Cas9によるゲノム編集を行う。このときCaD428のEFMプロモーター領域の一塩基置換をColと同じ塩基に戻した個体の花成時期がColと同じになり、ColのEFMプロモーター領域においてCaD428型の置換を行った個体の花成時期が遅くなれば、EFMプロモーター領域の置換がCaD428の花成遅延の原因であると示すことができる。

(乾燥耐性) まずSVPの発現量がColとCaD428間で変化していないことをリアルタイムPCRで確かめたのち、ColのSVP欠損系統と、SVP欠損系統のEFM過剰発現体を作成する。栄養成長時に乾燥ストレスを与え、EFM過剰発現体の方がより乾燥耐性を示せば、EFMがCYP707A1/3を抑制していることを示すことができる。

【結果】

(花成遅延) アグロバクテリウム導入用ベクターのgRNA設計と、gRNA挿入用のプラスミドの制限酵素処理まで完了した。

(乾燥耐性) 共同で研究中の高校1年生がcDNA合成用のプライマー設計まで完了させた。

クモの糸を水中で形成させることは可能なのか？

崎山 真喜人

(玉川学園高等部 SSH リサーチ生物班)

【目的】2016年から制定された国際目標である「持続可能な開発目標（SDGs）」を背景として、従来の化学繊維に代替する次世代繊維の開発が望まれている。クモの糸はシルクタンパク質で構成されている繊維であり、低細胞毒性や生分解性を備えているため、SDGsに適合する次世代繊維として注目されている。さらに、クモの糸は軽量でありながら強度と延伸性に優れている特長も有する。そのような優れた性質を有するクモの糸であるが、はたして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。試しにクモの腹部を解剖して、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。そこで私は、秋に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の生態と結びつけて疑問を抱いた。ジョロウグモは全国各地に多く存在する造網性のクモであり、黄金色のクモ糸で作られた立体網を張る。ジョロウグモは晴れた乾燥した日だけでなく、雨が降る湿度の高い日にも網を張る。クモ体内のシルクタンパク質が水に溶けることを考慮すると、雨の日には糸をつくるのは困難ではないのだろうか。そこで、本研究では、クモの糸の射出口を水に浸けた状態でもクモ糸が作られるのか調べて、空気中と水中で形成させたクモ糸の構造と力学的な性質の違いを確認することを目的とする。

【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水量を調整し、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）。容器に水を入れない状態でも糸を採集して比較対照試料とした。

【結果と考察】クモの糸の射出口を水に浸けた状態でも、糸を採集することができた。このことから、クモの体外に糸が射出される際には、既に糸が形成されており、シルクタンパク質溶液中の水分の蒸発が糸の形成要因になっているのではないことが確認できた。発表当日には、水中と空気中で採集した糸の両者について、強さや伸びなどの力学的な性質や構造的な性質について報告する。

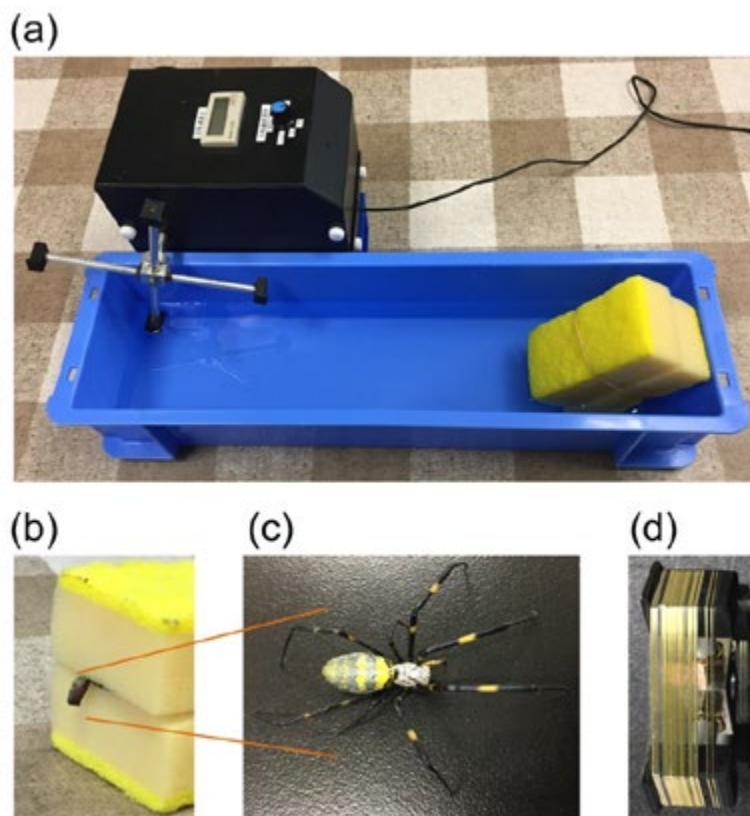


図1：水中でのクモ糸採集の概要. (a) 全体図, (b) スポンジ間に挟まれたクモ, (c) ジョロウグモ, (d) ジョロウグモから採集された糸.

グリーンドラムの予想外な葉の構造と推測される巧妙な戦略

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

江藤 毬花

グリーンドラム(*Xerosicyos danguyi*)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どおり、円型の厚みのある葉をつける。また葉はそれほど大きく無いにもかかわらず、あまり多くの葉を作らないので、葉同士が重なることがほとんど無い。私はこの植物を観察している時に、葉のどこを切っても中央部に連続した線が見えることに気が付いた。私はこの線が維管束に似ていると考えたが、どこを切っても連続した線になるということはシート状であるはずで、不思議に思って研究を始めた。

グリーンドラムの葉の断面を観察すると、葉の表側も裏側も柵状組織のような長細い細胞が観察される。また葉を水平に切った時と比較して、垂直に切った場合の断面が明るい色をしていることに気が付いた。「普通の植物」の葉は表側が柵状組織、裏側が海綿状組織で、柵状組織は垂直方向に光を通しやすらしい。そこで透過型顕微鏡で同じ厚さの切片を比較すると、垂直方向の切片の方が、水平方向に切った切片よりも明るいことが確認できた。つまりグリーンドラムの葉は、光の反射という点でも葉の両面が柵状組織の機能を果たしていると考えられる。

葉の中央の謎の線を調べるために、葉柄から色水を吸わせると中央部の謎の線と同じ場所が染まった。詳細に観察するために薄切りにしたところ、今まで連続した線として観察されていたはずが、ほとんど連続しない途切れた線になった。葉を透明化して上から観察しても、グリーンドラムの維管束は他の多くの植物の葉と同じように配置されている。おそらく葉の両側の柵状組織が光を反射しやすい一方で、維管束やその周辺部分は反射率が低いことで、葉の中央部に暗い線が浮かび上がって「謎の線」が見えたと考えられる。

グリーンドラムは葉の大きさの割に、葉の枚数が非常に少ない。また乾燥地に生息するので、葉の裏側も地面からの照り返しによって、表側と同じように光が当たると推測される。葉の両面が柵状組織になっているのは、このような環境に適応するための仕組みであると推測するが、どのように役立つのかを今後は確認していきたい。



グリーンドラムの葉の内部の構造

低カリウム ヤマトマナ の水耕栽培方法の確立

奈良県立青翔高等学校 探究科学研究会

北隅 奈王・高見 明日香

【はじめに】今日では、カリウムを含む野菜などの摂取制限が必要な腎臓病透析患者が年々増加している(日本透析医学会 2018)。腎臓透析を必要とする人々は食べる量を減らさず野菜自体のカリウムを減らす必要がある。過去の我々の研究では、食塩水のみで栽培したコマツナのカリウム濃度を 16.4%減少させることが出来た。我々の住む奈良県の伝統野菜として大和野菜に認定されているヤマトマナでは、低カリウム栽培の先行研究はない。そこで、ヤマトマナを用いて水耕栽培法を確立させることを目的とした。

【材料】水耕栽培容器(大和プラスチック)・食塩(公益財団法人 塩事業センター、成分：塩化ナトリウム 99%以上)・ヤマトマナの種子(前田種苗園)・カリウムイオンメーター(LAQUAtwin-K-11)・ナトリウムイオンメーター(LAQUAtwin-Na-11)

【方法】①実験区 食塩水(予備実験より 0.02%と決定)と対照区 蒸留水、水耕栽培容器を用意。②ヤマトマナの種子を蒔き、25℃、遮光 3 日間、光あり 18 日間栽培。③ヤマトマナを-85℃、一週間冷凍。④解凍せずすり潰した。⑤ ④の濾液のカリウムとナトリウムの濃度を LAQUAtwin で測定。⑥ ①～⑤を 3 回試行。

【結果・考察】平均カリウム濃度は対照区 990 ± 5.8 ppm、実験区 830 ± 12 ppm で 16.2%有意に減少した($p < 0.01$)。平均ナトリウム濃度は対照区 1700 ± 58 ppm、実験区 2400 ± 58 ppm で 41.2%有意に増加した($p < 0.01$)。

カリウムとよく似たナトリウムが根の周りに高濃度で存在するとき、カリウムチャネルからナトリウムが細胞内へ侵入し得ることが示唆されている(間藤 2011)。またカリウム欠乏による生育障害を防ぐためナトリウムが減少したカリウムを補填し、代替となると報告されている(間藤 2011)。よってカリウム不足の状態でもナトリウムがカリウムを補い、低カリウムのヤマトマナが生育したと考えた。

【今後の展望】①他のカリウム濃度の比較的高い大和野菜でも栽培し、そのカリウム濃度を低くすることが可能であれば、腎臓病透析患者の食べられる野菜の種類が増え、食の幅を広げることに貢献していきたい。②応用として本研究成果をたくさんの人に広め共感を持ってもらい、SDGs17 の目標 2 の「飢餓をゼロに」と結びつけ、カリウム摂取制限によって失いがちな栄養素の獲得に貢献していきたい。③低カリウムの大和野菜を栽培することで、その付加価値を高めて販路を広げ、地域貢献に協力していきたい。

【謝辞】本研究には奈良県農業研究開発センターの研究員杉山さんからヤマトマナに関する情報を提供頂きました。深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) 日本透析医学会 2018.図説我が国の慢性透析療法の現状 2018 年 12 月 31 日現在. 日本透析医学会統計調査委員会,東京.3-12.
- 2) 財団法人.日本食品分析センター.2005 年 3 月 2 日.第 205020897-001 号.
- 3) 間藤 徹.日本植物生理学会.みんなのひろば.2011. https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=2501

第 1 表
実験区と対照区のカリウム濃度 (ppm)

	蒸留水	食塩水
1回目	1000	830
2回目	990	810
3回目	980	850
平均	990 ± 5.8	830 ± 12

※各値は平均値±標準誤差を示す。
※T検定(Excel 2013)は分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定を用いた(T検 $p < 0.01$)。

サンセベリアの葉の共通点と相違点

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

川浪 隆章

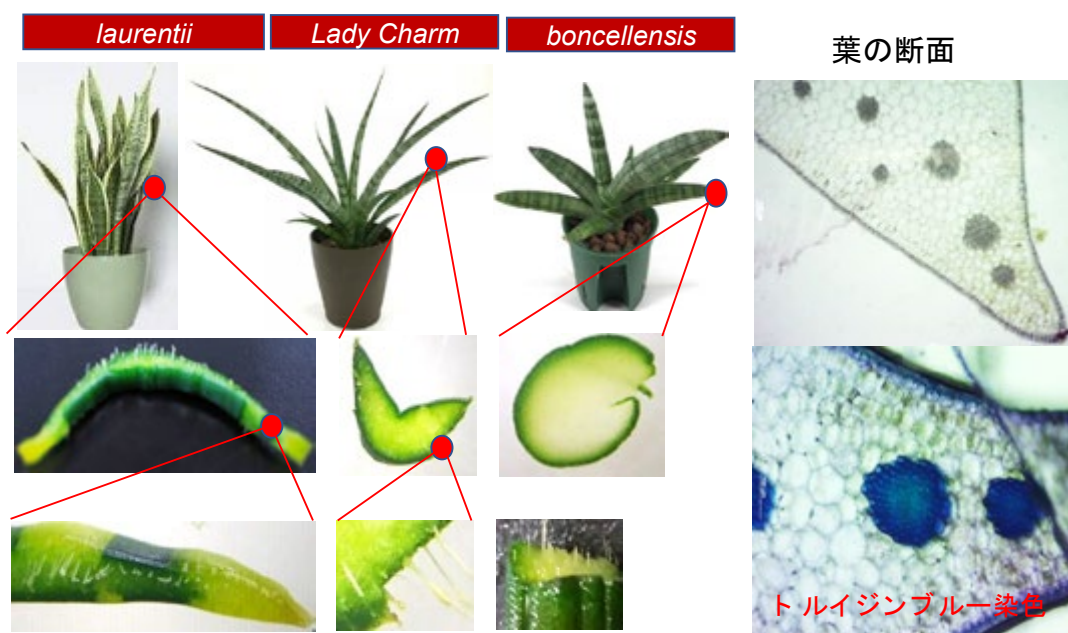
(研究指導：古橋卓教諭、根城知幸教諭、中川知己博士)

【概要】

剣のような葉の形をした観葉植物としてよく見かけるサンスベリア (*Sansevieria trifasciata* var. *laurentii*) は、他にも棍棒のような太い葉 (*S. boncellensis*) や短く分厚い葉 (*S. hyb. lady charm*) など、大きく形の違う植物がある。私はこの多様性に興味をもったので、サンスベリア属に共通する特徴と相違点を調べた。

断面を観察するために葉を切断しようとする非常に堅いことに気が付いた。また断面から繊維状の構造が出てきた。サンスベリアの葉の断面には、トルイジンブルーで強く染色される特徴的な構造が観察された。葉の根元から色水を吸わせた結果から、この特徴的な構造は維管束自体または維管束近くに存在すると考えられる。他に特徴的な構造が無いことから、この強固な維管束(または周辺)が葉の堅さの要因であると推測された。

私が調べた三種のサンスベリアは、全て強固な維管束構造が観察される。サンスベリアと同じキジカクシ目で形態的に似た印象のあるアロエ(ススキノキ科ツルボラン亜科)では、このような構造は見られない。また系統的にアロエよりも近縁のネギ(ヒガンバナ科、サンスベリアと同じ *core Asparagales*) では、葉が柔らかいにもかかわらず、維管束周辺にサンスベリアと似た構造が観察された。これらの結果から、*core Asparagales* の中で維管束周辺を強化して葉を堅くする構造につながる進化が起こったと思われる。



バイオトイレに利用されているオガクズの性質 ～持続可能な社会に向けて～

札幌日本大学高等学校 科学部
千葉柊華・堀井彩花・大西理玖仁・田代弓尊

【目的】

本研究の目的は、バイオトイレでオガクズがどのような働きをしているか調べることである。

【実験方法】

【試料】正和電工使用されているオガクズ，エンジュのオガクズ・パウダー，カエデのオガクズ・パウダー

※実験(2 正和電工使用品のみ使用

(1) オガクズの水分保持率の測定

オガクズをテルモシリンジ注射針付きのシリンジに入れ、水を一滴ずつビュレットで垂らしていった。シリンジの下から水が垂れた時にオガクズが含んでいた水分量を測定し、オガクズの水分保持率を算出した。水分保持率はオガクズ 1 cm³中に含まれる水の体積とする。

(2) バイオトイレの分解速度

バイオトイレに有機物として豚もも肉，鶏の手羽元，鶏むね肉を約 70 g ずつ入れ、3 日置きに質量を測定した。

(3) オガクズが含む空気中の微生物の変化

使用前のオガクズと、実験(2)を行った後のオガクズをそれぞれ水に入れ攪拌し、その水を標準寒天培地に垂らして微生物を培養した。その後、微生物を顕微鏡で観察した。

【結果・考察】

(1) オガクズの水分保持率の測定

正和電工使用品に比べ、エンジュのオガクズ・パウダー，カエデのオガクズ・パウダーは水分保持率がかなり高いという結果になった。これは、正和電工使用品に比べ他の 4 種の粒径が小さかったためだと考えられる。

(2) バイオトイレの分解速度

肉の質量はどれも一か月で約 70%に減少し、その後ほとんど変化しなくなった。肉は体積の約 70%が水分であるため、今回の実験で肉の質量が減少したのは、水分が抜けただけだったと考えられます。分解されなかった原因は、バイオトイレに肉を入れてただけでは分解に必要とされる水分が足りなかったためだと考えられる。また、バイオトイレのヒーターは時間がたつと止まってしまうため、温度が下がってしまい、微生物の活動が活発に行われなかったと考えられる。

(3) オガクズが含む空気中の微生物の変化

実験(2)を行った後のオガクズは使用前のオガクズに比べ、コロニーが多く見られた。これは、有機物を入れることで微生物が栄養を得たためだと考えられる。しかし、微生物の同定には至らなかった。

【今後の展望】

バイオトイレのヒーターが定期的に付くようにし、水を加えることで、バイオトイレの分解速度を正確に調べる。微生物の同定を行う。

【参考文献】

[1] 第 32 回環境賞文献より <http://www.seiwadenko.co.jp/thesis.html>

乾燥地に適応する新しい形？ クラッスラ属の不思議な気孔パターンの発見

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

松尾奈穂・八木澤懂子

観葉植物のサクラカゲツ(*Crassula ovata* 'Sakurakagetsu')は南アフリカを原産地とする多肉植物である。日本では金のなる木として親しまれている。この植物を家で育てていた時、私は枯れた葉に他の植物には見られないきらきらと光る結晶のようなものが付着することに気がついた(図1)。この結晶の正体を調べたいと考えて研究を始めた。

サクラカゲツの葉の枯れる様子を観察すると、分厚い葉が萎んでいき、最後は完全に水分を失って縮んでしまった。結晶が表面に付着する様子は、葉が縮む過程で顕著になっていく。葉の断面を観察すると、サクラカゲツの葉の表面は分厚いクチクラ層で覆われていた。これらの結果から、葉の葉肉細胞は水分を失って縮むが、水分を含まないクチクラ層は縮まないために取り残されて、最後は縮んだ細胞に引っ張られて割れたものが結晶の様に見えていると推測された。

サクラカゲツは乾燥地に生息する植物で、分厚いクチクラ層は乾燥を防ぐための工夫であると考えられる。サクラカゲツや変種のゴーラムの葉の表面を観察している時に、私はこれらの植物の気孔も他の植物とは異なっていることに気が付いた。葉の裏面だけではなく表面にも多数の気孔が観察されるが、特に表面の白い点は7~11個の気孔が密集しており、さらにその下には太い導管が配置されていることに気が付いた(図2)。

乾燥地に生息するサクラカゲツの葉に、蒸散によって水分を失わせる気孔が多数配置されていることは奇異に感じる。しかし、サボテンなどは刺座から夜露などを吸収しているという説もあり、もしかすると針の無いサクラカゲツも似たような目的で気孔を備えているのかもしれない。

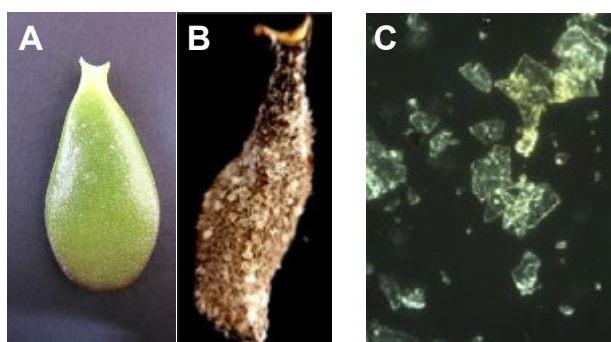


図1 サクラカゲツの元気な葉(A)と枯れた葉(B)
枯れた葉の表面に白い結晶(C)ができる。
結晶はクチクラ層が砕けたものだと思う(D)。

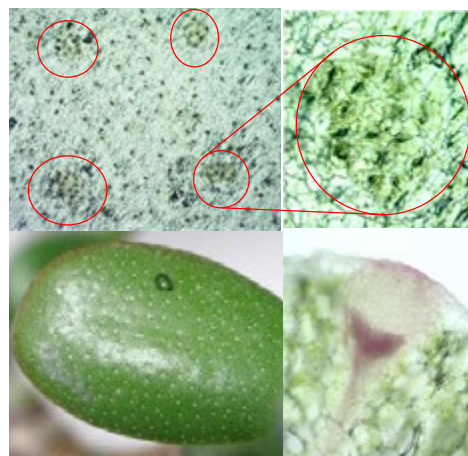


図2 サクラカゲツやゴーラムの葉の表面の白い点には気孔が密集しており、その下に導管が存在している

菌別オリンピック～混合培養における菌の生育の競合～

私立須磨学園高等学校 理科学研究部

大川 華澄・中澤 興紀・坂田 華子・和田 唯由乃

【目的】:

家庭レベルの機器で微生物の培養に挑戦すると共に、土壌から抽出した複数の菌を混合して培養した際にどの菌が勝つ（より多く繁殖できる）のかを調べ、その結果について考察する。

【実験方法】:

市販のコンソメとスクロースを混合した寒天培地（以下コンソメ培地）をプレートに作成し、電子レンジを用いて煮沸することで滅菌した。学校敷地内の山から採取した土と蒸留水を混合し、ガスバーナーの火炎の下側で上澄みをコンソメ培地に塗布した。常温で3～7日培養し、現れたコロニーから4種を選択し、2種ずつ新たなコンソメ培地に爪楊枝を用いて植菌した。27℃で培養し、各プレートで菌がどのように増加するかを観察し、定期的にコロニー半径 / プレート半径 (Unit) を計測した。

【結果】:

4種の菌をA～Dとすると、その特徴と、2種ずつ培養した際のUnit増加速度は下記の表1、図1のようになった。

表1. カビの特徴

名称	色	コロニー形状	推測
A	茶色	ビロード状	<i>Cladosporium</i> 属
B	白・黄色	綿毛状	<i>Aspergillus</i> 属
C	白・黄色	綿毛状	<i>Aspergillus</i> 属
D	白・緑色	綿毛・塊状	<i>Penicillium</i> 属

図2. Unit 増加速度の比較

$$D > A > B$$

$\begin{matrix} \parallel & \nearrow \\ & C \end{matrix}$

【考察】:

試行実験ではコンタミネーションが頻発したが、実験手順の改善により、本実験では単離した菌の培養に成功した。一方で、混合培養の過程でコロニーの色・形状の変化が見られ、顕微鏡観察とコロニーの特徴から菌の属を同定することは困難であり、推測の域を出なかった。正確な同定には専門機材を用いたグラム染色やシーケンスが必要と考えられた。

Unit 増加速度が菌の増加速度に比例すると考えると、どの種の菌と混合するか、で菌の増加速度は変化するため、菌種間で競争が起きていると考えられた。栄養源の枯渇、物理的な被覆、積極的な成育阻害、等の原因について考察した詳細はポスターにて発表する。

モジホコリの探索行動に影響する要因

岡山県立津山高等学校 理数科 2年
大谷 夕弦 坂手 萌子 ランボー 海弥

【研究概要】

粘菌（モジホコリ）は二次元の迷路では餌と餌を最短経路で結ぶが、三次元迷路では最短経路を含む複数の経路を残すことが先行研究で明らかとなっている。本研究ではその原因を探り、三次元迷路を最短経路で解かせることを目的としている。研究に際して粘菌の探索行動に影響する要因を解明するために、傾斜や半球を用いて実験を行った。実験の結果、粘菌は傾斜のある位置の餌に向かう傾向が見られた。その結果から粘菌の探索行動に重力が影響を及ぼすことが明らかとなった。つまり粘菌は三次元迷路の場合、水平方向の移動よりも負の重力方向に探索行動をするため複数の経路が残ることが示唆される。

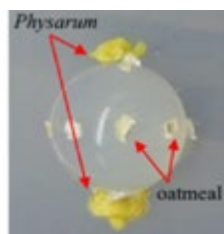
【研究内容】

〔実験 1 半球を用いた実験〕

半径（0.9cm, 1.2cm, 1.6cm, 2.1cm）の異なる 4 つの半球の寒天培地を作成した。その半球を挟んで置いた 2 組の粘菌の位置から等距離に餌を並べ、粘菌の探索行動を観察した。（図 1）

〔実験 1 結果〕

半球寒天の天頂にあたる C、半球寒天の B に移動する個体の合計が 70%を占めた。（図 2）



※図中の oatmeal は粘菌の餌として使用している *Physarum* 粘菌（モジホコリ）を表す。

図 1 半球の寒天

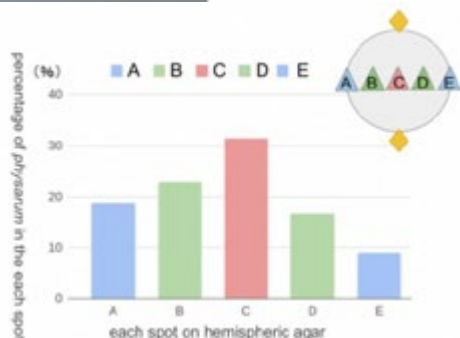


図 2 実験 1 の結果

〔実験 2 坂道を用いた実験〕

粘菌の四方を 0°, 22.5°, 45°, 90°と異なる傾斜の寒天で作成した坂道で囲い、寒天の上に餌を等距離に並べて、粘菌の探索行動を観察した。（図 3）

〔実験 2 結果〕

6 回の実験全てで 90° に移動した。

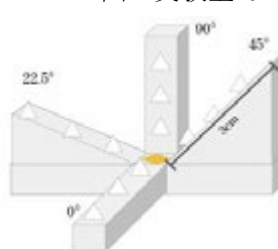


図 3 傾斜の寒天

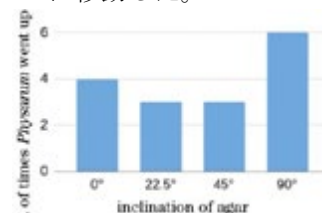


図 4 実験 2 の結果

【考察】

2 つの実験の結果、粘菌は傾斜のある位置の餌に向かう傾向が見られた。この結果から粘菌の探索行動に重力が影響を及ぼしていることを明らかにした。

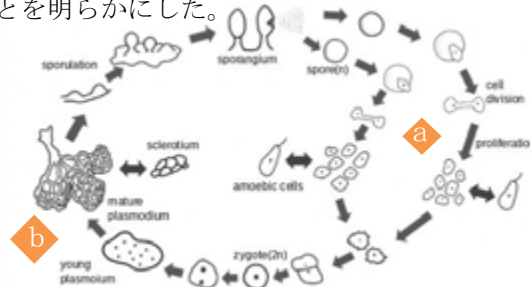


図 5 粘菌の生活環

今回の実験で、粘菌の負の重力方向への探索行動の理由として生活環（図 5）が関係している可能性がある。粘菌は胞子が発芽し、アメーバ状細胞(n)の過程(図 5-a)では、異性配偶子と接合するために、水分の多い場所に生息する。しかし、ある程度成熟した変形体(2n)になる(図 5-b)と、子実体を形成するために乾燥した環境である負の重力方向へと探索する。このように粘菌の探索行動は粘菌が生活環のどの過程であるかに依存すると考える。

野菜切断面の変色原因を探る

玉川学園高等部 サイエンスクラブ

平野 悠・長谷川 楓果

【目的】：切断面が茶色に変色する野菜(バナナ・リンゴ・サツマイモなど)と赤色に変色する野菜(レタス・ゴボウなど)があることに興味を持った。また、レタスやサツマイモの切断面から出る白い液体やレンコンの糸は、いずれも変色部位から出ていることに興味を持ち、これらの白い液体や糸が変色に関係しているのか疑問に思った。そのため、様々な野菜の変色メカニズムについて調べることにした。

【実験方法】：野菜の変色原因の多くはポリフェノール(PP)であるため、レタス・サツマイモ・ナス・ジャガイモ・レンコンにPPやポリフェノール酸化酵素(PP0)が含まれているのかを確認した。次に、レタスとサツマイモの切断面から出る白い液体やレンコンの糸にもPPやPP0が含まれるかを確認し、白い液体や糸が変色するかを観察した。最後に、変色の仕組みを解明するため、各野菜のPP(クロロゲン酸)とアミノ酸(グルタミン酸:Glu)を、フォーリンチオカルト法とグルタミン酸測定キットを使用した比色法で定量した。

【結果】：各野菜とレタスとサツマイモの白い液体にはPPとPP0が含まれるが、白い液体は変色しなかった。クロロゲン酸は日にちが経つと赤色、Glu存在下だと黄色に変色した。赤く変色するレタス・ゴボウにはPPが、茶色に変色するサツマイモ・ナス・ジャガイモにはGluが多く含まれる傾向がみられた。野菜の変色原因はPPの酸化であり、アミノ酸の比率が変色の色に影響を与えたと考えられた。また、レタスとサツマイモの白い液体やレンコンの糸と各野菜の変色に有意な相関は見られなかった。

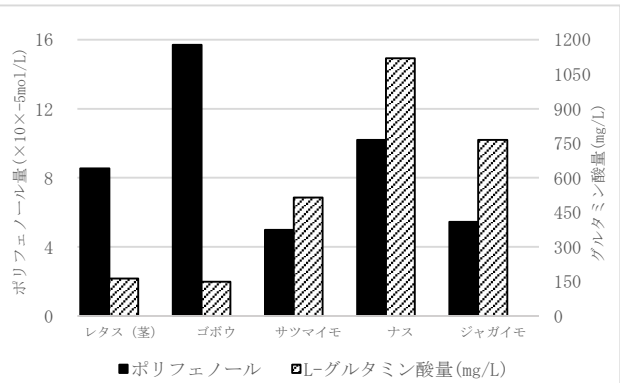


図1 ポリフェノール量とグルタミン酸量の比

表1 野菜切断面の変色の様子

レタス	ゴボウ	
 赤	 赤	
サツマイモ	ナス	ジャガイモ
 茶	 茶	 茶

【展望】：今後は、クロロゲン酸の酸化とアミノ酸の関係のメカニズムを探りたい。また、クロロゲン酸以外のPPやグルタミン酸以外のアミノ酸、糖など別の物質にも視野を広げて、野菜の変色原因を解明したい。尚、レンコンの変色については、実験データが不足しているため、引き続き研究を行って変色原因の解明をしていきたい。

巻貝の腸炎ビブリオを放出させるフィコシアニン色素

株式会社立ルネサンス大阪高等学校 アート&サイエンスコース

今村奏音・藤原優月・佐々木日向

ラン藻のフィコシアニン色素が巻貝に定着ないし一時保持している腸炎ビブリオを放出させる生理活性を利用し、生態学的な研究ツールとしての可能性を検討した。

PET樹脂製のフタ付きカップ（直径 75mm）に巻貝 1 個体（殻高 8mm）とスピルリナ錠 1 個（200mg）を脱塩水道水（30mL）に一夜、室温で放置すると、水溶性青色色素（フィコシアニン）が溶け出す。その際、イシマキガイは忌避行動を示し、しばしば容器の壁をよじ登り液面から出ようとする。この際、イシマキガイは腸炎ビブリオを粘液と一緒に吐出する。イシマキガイに腸炎ビブリオが定住している事実は以前より知られていたが¹⁾、フィコシアニンを用いて腸炎ビブリオを検出する技法は報告されていない。腸炎ビブリオの呈色コロニーの確認（図 1）には、酵素基質添加寒天培地（クロモアガー・ビブリオ、関東化学扱い）塗抹法に従った²⁾。培養は 37℃で少なくとも一昼夜は行う必要がある（酵素反応速度に依存するため呈色が若干、遅延する）。

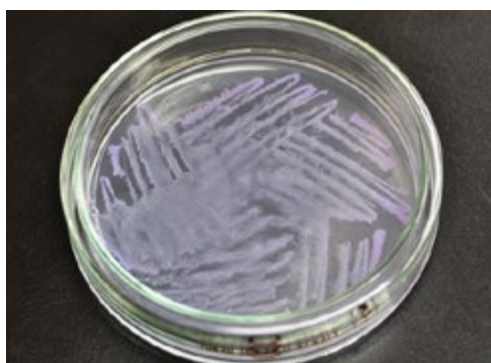


図 1 腸炎ビブリオの呈色コロニー



図 2 淀川大堰（中央矢印）の位置

実験に用いた巻貝類は全て淀川で採集し、実験室の水槽で一時、畜養して用いた。イシマキガイは汽水域の十三干潟（大阪市淀川区）で、比較用ヒメタニシとカワニナは淡水域の城北ワンド（大阪市旭区）で採集した。両採集地点は、柴島浄水場が水道水用原水を取水するため海水の遡上を阻止する淀川大堰（図 2）で区分されている。

イシマキガイからは海洋起源の腸炎ビブリオが高頻度で検出される。両側回遊型の生活史のため沿岸海域で腸炎ビブリオに感染し、河川を遡上して生活圏を拡大する。しかし、大堰を越えた淡水域に住むヒメタニシやカワニナの一部から同じ方法で腸炎ビブリオが一時的に検出される例もあり、魚道を越えて遡上する回遊性魚類が淡水域まで腸炎ビブリオを持ちこむ可能性がある。フィコシアニンの作用機序は依然として不詳であるが、実験手法としては有効なので感染の伝搬ルートを解明して行きたい。

文献 1) 熊澤教眞・加藤英一・高羽孝成・横田司（1988）イシマキガイ及びアマオブネの体内における腸炎ビブリオの生残（英文）、日本獣医学雑誌、**50**：918-924.

2) 前原智史・尾首雅文・木村禎彦（2010）腸炎ビブリオ培養検査の比較検討、日本獣医公衆衛生学会（獣医学術近畿地区学会）講演要旨集（E5）。

緑茶中のタンニンの測定

玉川学園高等部

原口由己

【目的】

タンニンには、抗菌作用や鼻炎アレルギー改善などの効果があると言われている。タンニンを緑茶から効率よく摂取したいと考え茶種の違いによってタンニン含有量に違いがあるのかを検証した。

【実験方法】

タンニンと鉄イオンの反応によって生成する酸化物を比色定量する「酒石酸鉄吸光度法」により、緑茶中のタンニンを定量した。以下の茶種について測定した。

- ・煎茶（三重県産、鹿児島県産、新潟県産、福岡産、静岡県産）
- ・茎茶（産地は煎茶と同様）
- ・ほうじ茶（煎茶・茎茶を 20 分間炒ったもの）

【結果・考察】

①煎茶と茎茶の比較

茶種 煎茶と茎茶

結果 茎茶より煎茶の方がタンニン量が多い

考察 日光が当たることによって、テアニンがカテキン(タンニン)に変化するため、日光に当たりやすい葉の方が多くなると考えられる

②緑茶とほうじ茶の比較

茶種 緑茶（煎茶と茎茶）、ほうじ茶

結果 ほうじ茶より緑茶（煎茶、茎茶）の方がタンニン量が多い

考察 ほうじ茶にするとタンニン量が減少していることから、緑茶に火を入れるとタンニン量が減少することが考えられる

③産地によってのタンニン量の比較

茶種 三重県産、鹿児島県産、新潟県産、福岡産、静岡県産の煎茶と茎茶

結果 日照時間の長い県の方がタンニン量が多い。

考察 タンニン量には日光が関係していると考えられる

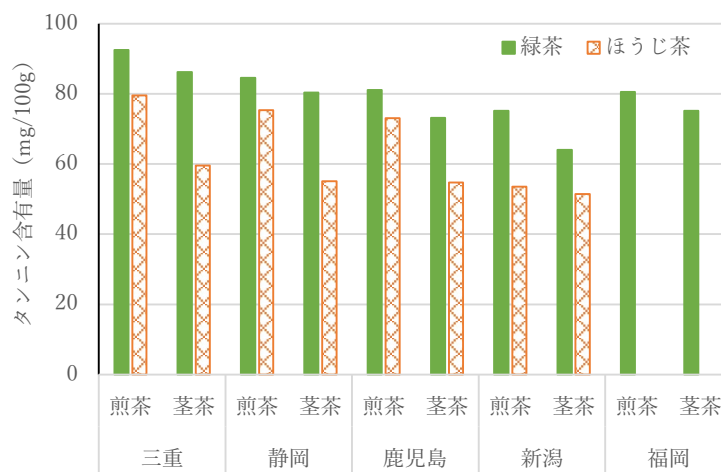


図1 緑茶（煎茶・茎茶）とほうじ茶の比較

【まとめ】

- ・緑茶、ほうじ茶どちらも、茎より葉の方がタンニンの含有量が多く、緑茶をほうじ茶にするとタンニンの含有量が減少する。
- ・今回の実験のなかでタンニンの含有量が多いのは、緑茶の煎茶だと考えられる。
- ・産地を比べると年間日照時間が最も長い三重県産の緑茶がタンニンが多かった。

薪炭材の樹種による燃焼効率の差異

市川学園市川高等学校 2年

氏名 本山 岳志

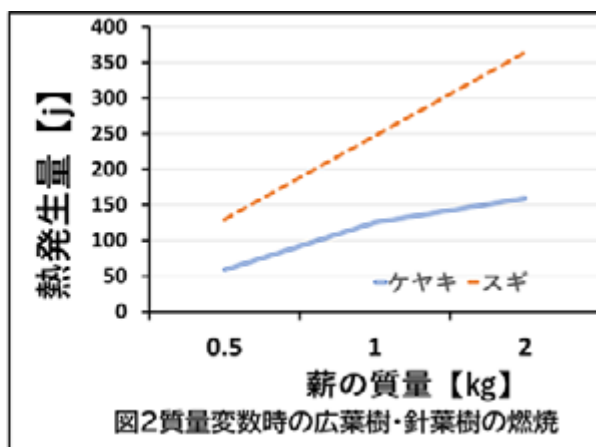
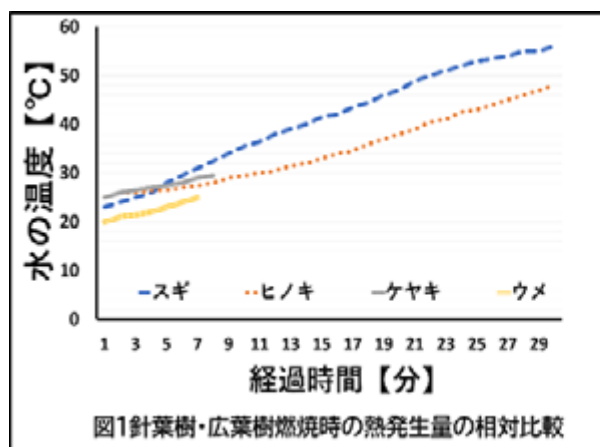
【目的】：暖房用に薪ストーブを使用する時、薪炭材に火をつけるのにかなりの時間を要することがある。また、どの木材が薪ストーブに適しているのか、といった明確な指標は示されていない。このような薪ストーブの問題を解決するために、ストーブ燃料に最適な木材を見つけることを目的として、木材を針葉樹と広葉樹に区分し、どちらが良質な薪となり得るかを研究した。

【実験方法】：本研究では、家庭用薪ストーブ『アンコール』（バーモントキャスティングス社）を用いて以下の実験を行った。初めに、針葉樹（スギ、ヒノキ）と広葉樹（ケヤキ、ウメ）を用いて、それぞれ 30 分間の燃焼における相対的な温度推移を測定した（実験 1）。

続いて、それぞれの木材の質量に対する熱発生量 X [J/kg] を測定し、針葉樹・広葉樹で比較した（実験 2）。

【結果】：＜実験 1＞広葉樹は表面だけが燃焼し、開始 10 分弱で炎が完全に消失した。対して、針葉樹は勢いよく火が付き 30 分間で 8 割近くが燃焼した。図 1 を見ると、針葉樹のグラフの傾きが 1.1、広葉樹が 0.55 であった。

＜実験 2＞図 2 のように針葉樹・広葉樹ともに質量に比例して熱発生量が増加した。この比例定数をグラフから計算すると広葉樹のケヤキは 66、針葉樹のスギは 89 であった。



【考察】：実験 1 のグラフの傾きの比較（図 1）から、針葉樹が短時間で高温に達したことが分かる。さらに実験 2 より、熱発生量 X [g/j] は {針葉樹 > 広葉樹} であった（図 2）。

以上より、広葉樹に比べて針葉樹は、「高温到達速度」と「質量に対する熱発生量」の 2 点において薪炭材として優れていることが考えられた。針葉樹には、引火しやすく柔らかい表面の樹皮を有すること、空気を含む仮道管が多数あること、「ヤニ」のような油脂由来の成分が存在すること、などからも、薪炭剤として針葉樹が広葉樹より優れていると考えられる。

要注意外来生物ハリエンジュの燃料化への取り組み

秋田県立秋田中央高等学校
長門岳・四十物弦希・木谷柊太

【はじめに】

要注意外来生物のハリエンジュは、緑化材として国内導入後、河川や丘陵地を中心に大幅に拡大し、生態系に大きな悪影響を及ぼしている。全国で本種の伐採の取り組みが行われているが、発生した伐採木を有効活用した事例は知られていない。本研究では、これらをバイオマス燃料として有効活用していくにあたり、個体の成長や樹齢、環境条件の違いが材の燃焼効率に影響を及ぼすと考え、①樹齢や年輪幅によって燃焼効率は異なるか、②生育箇所の環境条件の違いによって燃焼効率は異なるか、③燃料として利用価値があるかの3点を目的として研究を行った。

【方法】

- ①現地調査：秋田市のハリエンジュ林を対象に、成長錘を用いてハリエンジュの樹齢と年輪幅を計測した。生育箇所の環境条件として土壌 pH、土壌硬度について調査した。
- ②データ解析：得られたデータから、樹齢と年輪幅、環境条件と燃焼効率との関係性について相関分析によって解析した。
- ③燃焼効率の測定：自作のストーカー炉を用いて、材の燃焼時間を測定し、すでに燃料化されているスギ (*Cryptomeria japonica*) と U 検定を用いて比較した。
- ④熱量の測定：材の単位時間当たりの温度上昇を測定し、スギと比較した。

【結果】

樹齢と燃焼時間に有意な負の相関が、また年輪幅と燃焼時間に有意な正の相関がみられた (図 1)。環境条件のうち土壌 pH と土壌硬度については、年輪幅との間に有意な正の相関がみられた。スギと燃焼時間に違いはみられなかった (図 2)。

【考察】

若齢個体ほど燃焼時間が長かった要因として難分解性物質のイヌリン (老齢個体が多い) が関係しているのではないかと考えた。さらに個体の成長には、高い土壌硬度と中性に近い土壌 pH が関与していることがわかった。周辺はかつてクロマツ林で酸性土壌となっており、中性に傾くことで本種に有利な環境になった可能性がある。

【結論】

スギとの比較から、ハリエンジュにバイオマス燃料としての利用価値があることが示された。本種は成長がよく若齢の個体で燃焼時間が長く、成長は土壌 pH や土壌硬度の影響を受ける。このため本種をバイオマス燃料として用いる際には、樹齢や年輪幅、生育箇所の環境条件を考慮することが必要である。

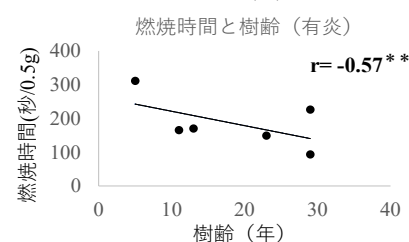
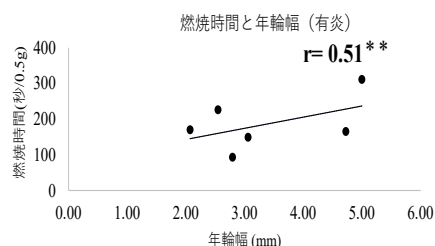


図 1 燃焼時間と年輪幅と樹齢との関係

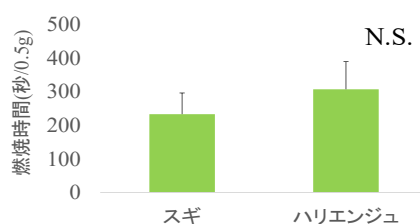


図 2 燃焼時間の比較 (U-test)

土壤環境の違いが根粒菌の種類に与える影響についての研究

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校

長瀬悠智

根粒菌は、マメ科植物と共生して窒素固定をすることが知られている。根粒菌には宿主特異性があり、ダイズにはダイズ根粒菌、クローバーにはクローバー根粒菌が感染する。私はクローバーやカラスノエンドウしか生えていない校内の土で、落花生に根粒ができたという先輩の話を聞いて、根粒菌がどのように分布しているのかを調べる研究を始めた。

栄養のないバーミキュライトにアズキ、クローバーなどを植えて、校内の数カ所から採取した土の懸濁液の上澄みを与えて育てたところ、クローバーが育っている土の上澄みではアズキとクローバーに根粒が着生して、窒素栄養の無い条件でも元気に育つことが確認できた。一方でクローバーの生えている横の水路の土の上澄みでは、クローバーは少しだけ育ったがアズキは葉が黄色くなって枯れてしまった。これらの根を調べたところ、小さな白い根粒が少数だけ形成されていた。したがって水路の土は根粒菌が少ないか、窒素固定能力の低い根粒菌が存在している可能性がある。

これらの実験で、植物に感染させて土壤中の根粒菌を調べる手法が確立できたと思われるので、今後はマメ科植物が生えていない場所や荒地、畑などの色々な場所から採取した土で実験していきたい。



校内の異なる場所から採取した土の上澄み液を接種して
窒素栄養の無い培養液で育てた植物。

それぞれの左がクローバー生息地の上澄み液で、右が水路の底の
土の上澄み液を接種した。

ミカンパックが肌に与える影響

熊本県立熊本北高校 普通科2年・生物班

江上優斗 水元将 岩中萌々花 緒方未紅 久保田菜央 栗原葵 日隠歩香 増田彩未

指導者 溝上広樹

1. 研究の動機・目的

美容法として食物を利用したパックが知られているが、その効果について検証することを目的とした。本研究では、ミカン及びヨーグルトを利用した自作パックを用いて、スキンケア効果を複数の指標を用いた評価を実施した。

2. 実験方法

(1) ミカンパック

1週間に3回、右頬にミカンパック、左頬に市販のパックを貼る。ミカンパックは、ブルガリアヨーグルト、ミカン（へた以外）を1:2の割合で混ぜ、ローションシートを浸したものを利用した。

(2) マイクロスコープによる評価

マイクロスコープで頬を撮影し、肌のキメを5段階のスコアで評価した。

(3) 肌チェッカーによる評価

市販の肌チェッカーで頬部の水分量と油分量を調査した。

(4) 角質細胞の採取および評価

角質細胞の採取には、角質チェッカー（アサヒバイオメッド）を使用した。剥離した角質細胞を1%ゲンチアナバイオレット 0.5%ブリリアントグリーン混合染色液で染色した後、マイクロスコープを用いて撮影した。細胞剥離状態を5段階のスコアで評価した。

(5) アンケート

摂取開始前と比較した肌状態を7段階評価した。非常に悪い状態の最低点を-3、非常に良い状態の最高点を+3とした。

3. 結果・考察

被験者は市販パックと比較するとミカンパックによる効果を感じにくいことがわかった。一方で、水分量は増加し、油分量は減少していた（図1）。さらにマイクロスコープで観察するとキメのスコアが向上していた（図2）。以上の結果から、自作したミカンパックにもスキンケアの効果があると考えられた。

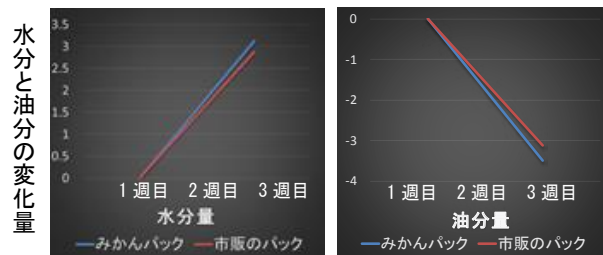


図1 ミカンパックと市販のパックの水分と油分の変化量 (n=8)

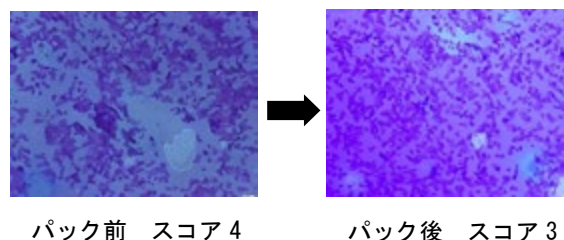


図2 ミカンパック前後の角質細胞の状態の例

ヒョウモンモドキの保全活動 ～里山を訪ねて～

就実高等学校 生物部

小林颯季

【目的】

私は中学2年生から3年間、家族と広島県世羅・賀茂台地においてヒョウモンモドキの保全活動に参加している。地域のボランティアの方々と共に活動する中で、ヒョウモンモドキの生態と美しい里山を保つ取り組みに興味を持った。現在、ヒョウモンモドキの生息地は中国地方の世羅を含む、広島県のごく一部に限られており、絶滅が危惧されている。以前は広島県以外にも生息していたが、2000年代に入り生息数・生息地が減少してしまった。その原因が休耕田の増加や埋め立てによる湿地減少によるものであることを知り、里山の重要性を実感するとともに同年代の人にも目を向けて欲しいと考えて活動している。

【活動内容】

- ヒョウモンモドキ（図1）を守る
 - 翅は明オレンジ色で黒いヒョウ柄模様、触角は縞模様。翅の開張は50mm程度。
 - 成虫は湿地の周りに生えるノアザミの花の蜜などを吸う。6月頃、キセルアザミの葉に産卵し、幼虫はその葉を食べながら成長・越冬する。翌年の5月頃蛹化し、1カ月ほどで羽化する。
 - 3月下旬：飼育ヒョウモンモドキ幼虫のエサとするため、飼育ケージ内のプランターにキセルアザミの苗を植える（図2）。
 - 6月観察会：多くの人にヒョウモンモドキを紹介する活動。
- 生息地を守る（図3）
 - 4月下旬～5月上旬：ノアザミ開花の際、周りの草で埋もれないように草刈りを行う。
 - 7月～8月：翌年ノアザミがよく花を咲かせられるように、ノアザミも含めて草刈りを行う。
 - 9月～11月：キセルアザミの葉を成長させるため、また湿地環境の維持・復元のために、幼虫がいるキセルアザミを残して草刈りを行う。



図1 ヒョウモンモドキとノアザミ



図2 キセルアザミの育苗



図3 草刈りの様子

【結果・考察】

ヒョウモンモドキがよく利用する植物は限られているため、それらの保全が必要である。キセルアザミは湿地の中、ノアザミは水田のあぜなどによく生えるので、人が手を加えて湿地からの遷移を遅らせ、湿地の状態を維持していかなければならない。また現在は飼育ケージで個体数を増やしてもとの生息地へ放すことで絶滅を防いでいる。したがって野生のヒョウモンモドキが生息できる環境を回復させることが必要である。

【まとめ】

世羅・賀茂台地にヒョウモンモドキが現在も生息することができているのは、地域の人達が目を向け保護活動が続けてきたからだ。ヒョウモンモドキの保全をすることは、その周りに生息する生物の保全にもつながる。里山は人の手が加わることで完成するので、生物多様性維持のために里山を管理することはとても重要である。今後も地域の人達と協力し、保全活動が続けていきたいと思う。

異なる光環境下でのシソの生育と抗菌効果の変化

並木圭輔

(玉川学園高等部2年 SSH リサーチ生物班)

【1 研究の背景と目的】

植物は、光環境・塩・温度など様々な外部環境によってもたらされる環境ストレスにさらされながら生育している。環境ストレスは生理機能や形態形成などに影響を及ぼすと考えられている。シソが東洋のハーブと呼ばれ、ハーブ類特有の抗菌・薬理・生理作用をもつ。本研究では異なる光環境下で生育した際のシソの持つ抗菌効果について研究をした。初めに過去の論文を参考に抗菌実験の再現実験を行った。しかし抗菌効果を観察することが出来なかった。そこで他の植物実験で利用していた抽出方法を本実験に応用し、抗菌効果を確認した。

【2 方法】

供試植物にシソを使用した。メタルラックを利用し栽培棚を作製した。光条件は、光量 $150 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、光環境は蛍光灯型 LED、赤色 LED、青色 LED、コントロールとして蛍光灯型 LED を利用した。異なる光環境下でシソを栽培した。測定項目は、シソの形態観察に加え、ペーパーディスクにシソ抽出液を染みこませ、PDA 培地内の大腸菌と一定時間 PDA 培地の蓋を開放し、培地内に空中浮遊微生物を自然落下させて捕捉した菌(以下空中落下菌と示す)の増殖と阻止円を観察した。

【3 結果】

シソの抽出液を浸透させたペーパーディスクを置いた PDA 培地においてペーパーディスクと大腸菌のコロニーの間に 5mm ほどの阻止円が形成されていた(図 1)。また、PDA 培地内の空中落下菌は、シソの抽出液を浸透させたペーパーディスクを置くことによって、コントロールと比較して、増殖が抑えられていた。



図 1：シソの抗菌効果
ペーパーディスクの周りの
阻止円の様子

【4 考察】

PDA 培地内にシソの抽出液を浸透させたペーパーディスクを置くことによって大腸菌と空中落下菌の阻止円と増殖抑制を観察することができた。このことからシソには抗菌効果があることが分かった。

【5 結論】

シソには抗菌効果があり、コントロールとしてのエタノールよりも強い抗菌効果を持つことがわかった。異なる光環境かで生育したシソの抗菌効果の違いについて実験を行っていく。

【6 参考文献】

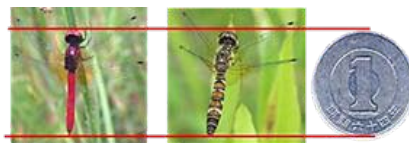
1. 栗田啓幸(1985)「紫蘇と食塩の食品防腐作用における相乗効果について」
Vol. 55, No1, pp. 43～46. 日本農芸化学会
2. 宮川久義(2011)「野菜病害に対する生薬抽出液の抗菌活性と生物検定による評価」
Vol. 57, pp. 38～44. 九州病害虫研究会報
3. 一色賢司(1993)「植物抽出液による微生物の生育抑制」
Vol. 40, pp. 525～527. Kyushu 日本食品工業学会誌

ハッチョウトンボ生育環境の解明と保全に向けた取り組み

島根県立浜田高等学校 自然科学部生物班

品川洸太・坂本智樹・表田英音・北川隼人・南翔斐

【研究背景と目的】 島根県浜田市には、ハッチョウトンボという日本一小さいトンボが生息している。このトンボは、レッドデータブックに絶滅危惧Ⅱ類として掲載されている。この地域では積極的にトンボの保全活動が行われているが、このトンボを保全するためには、生息地の状況を把握し、今後の変化を予測することが必要と考えた。そのため、昨年からトンボ生息湿地の環境 DNA、水質、植生、及び成虫の個体数の継続調査を行い、ハッチョウトンボ生息環境の解明に取り組んだ。



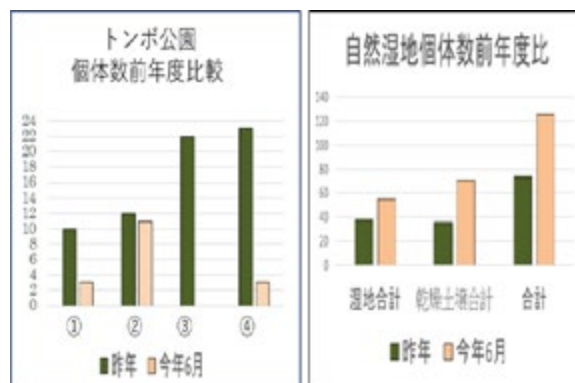
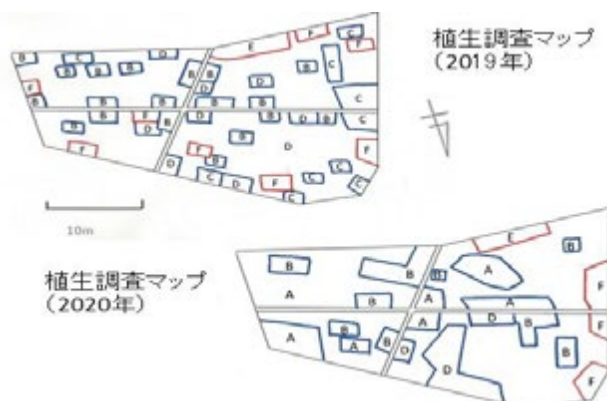
【調査方法】

以下の2か所のトンボ生息湿地で、環境 DNA、水質、植生及び個体数の調査を行った。

- ・「トンボ公園」: 人為的に整備された湿地(土砂入れ替えと除草)
- ・「自然湿地」: 人為的な手が加えられていない自然な状態の湿地

【結果】

- ・環境: DNA: 自然湿地では、昨年夏に特に多く、以降は少量だが継続的に検出された。
- ・植生: 昨年に比べ、湿生植物が増えた。
- ・個体数: トンボ公園では減少し、自然湿地では増加した。



【考察】

- ・環境 DNA 調査の結果、自然湿地では、来年度もトンボの発生が期待できる。
- ・トンボ公園で昨年行われた土の入れ替えは、有効だったといえる。
- ・トンボ公園にいるトンボは、自然湿地で生まれ育ち、成体になってからトンボ公園に飛んで来ている可能性がある。

【今後の展望】

- ・ヤゴが放出する環境 DNA 量を測定し、ヤゴの個体数の推定を目指したい。
- ・長期的調査を継続し、ハッチョウトンボ生育環境を解明することで保全活動に役立て、地域に貢献したい。

公開講座「花は咲く -高校生物の教科書を彩る植物の世界-

日 時：年会 3 日目 3 月 16 日（火）16:00-17:30

会 場：Q（Zoom ウェビナー）

プログラム

16:00-16:10 開会挨拶 赤間 一仁（島根大学）

16:10-16:35 「花の形態形成にかかわる発生と遺伝」

後藤 弘爾（岡山県農林水産総合センター生物科学研究所）

16:35-17:00 「花の中：重複受精を達成する細胞たちの世界」

東山 哲也（名大・ITbM／東大・院・理）

17:00-17:25 「遺伝子組換えを利用して青い花を作る」

田中 良和（サントリーグローバルイノベーションセンター）

17:25-17:30 閉会挨拶 中川 強（島根大学）

司会：赤間 一仁（島根大学）

花の形態形成にかかわる発生と遺伝

後藤 弘爾（岡山県農林水産総合センター生物科学研究所）

<略歴>1990 年京都大学大学院理学研究科修了/
日本学術振興会特別研究員を経て米国カリフォルニア工科大学博士研究員 (HFSP fellow)/1992 年東京大学および 1994 年京都大学助手/2000 年より岡山県生物科学研究所に勤務、現在に至る。<研究テーマと抱負>花形成の発生遺伝学的研究と育種への適用。



ABCモデル考案グループを率いたMeyerowitz(右)と(2019, 仙台にて)

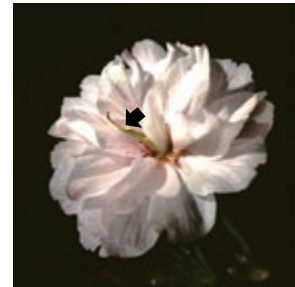
1. 花の形態

花はがく片、花弁、雄しべ、雌しべ（心皮）の各器官から構成されている。これは被子植物において共通であり、種によって異なるのは、各器官の形や数や色などである。花の形態は、遺伝的に決定されている形質（特徴）の一つである。花の形態を決める遺伝的な仕組みを理解するには、花の形態が異常になった変異型と元の正常な野生型とを比べ、その原因となっている遺伝子を明らかにする必要がある。

図1 サクラの花(野生型)



八重桜の花



矢印は花弁に混じって存在するがく片

2. 八重咲きの遺伝学

花の形態が異常になった変異体は、身近にも存在していて、例えば八重咲きの花である。サクラを例にとってみると、野生型のサクラの花は、5 枚のがく片、5 枚の花弁、多数の雄しべ、1 本の

雌しべで構成されている。一方、八重桜はがく片と多数の花弁から構成されており、雄しべと雌しべが無くなっている（図1）。また、よく見ると、がく片は野生型と同じ一番外側にあるものと、多数の花弁に混じって存在しているものがある。

どのような変異によって、八重咲きになったのであろうか？それを明らかにするには遺伝解析が必要であるが、サクラは遺伝学的研究には適していない。代わりに交配が簡単で世代時間が短く、遺伝子構成が比較的単純なアラビドプシス（シロイヌナズナ、図2）という植物が用いられた。小さなアブラナ科の植物であるアラビドプシスにも *agamous* と名付けられた八重咲きの変異体（図2の *c* 突然変異体）があり、それを用いて原因遺伝子、*AGAMOUS* (*AG*) が明らかにされた。これにより八重咲きは、*AG* 遺伝子が機能を失うことによって、雄しべと雌しべが形成されなくなり、その代わりに花弁とがく片が形成されたためである

ことが分かった。

3. 花の発生学

花の器官がどのように発生するかを調べるには、蕾よりずっと前の時期、半球形の花の原基と呼ばれる状態から顕微鏡的に観察する必要がある。

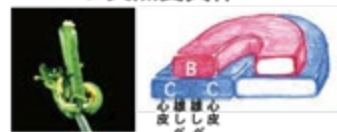
図2 アラビドプシスの花 (野生型)



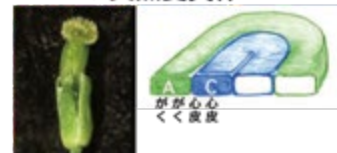
花の模式図



a 突然変異体



b 突然変異体



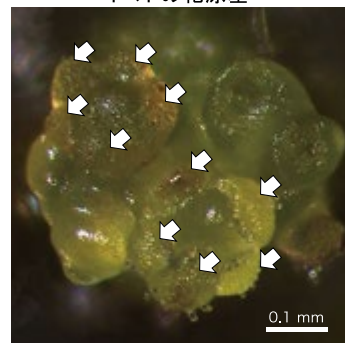
c 突然変異体



ある。花原基の細胞は均一で半球形を作っているが、やがて半球の外周からがく片の原基が発生する (図 3)。次に花弁、雄しべ、心皮の原基が同心円状に発生する。このように花原基には、4 重の同心円領域 (whorl) があると考えられ、各同心円領域には外側から順に、がく片、花弁、雄しべ、心皮が発生する。

花の突然変異体は、八重咲きの c 突然変異体のほか、外側から心皮-雄しべ-雄しべ-心皮という並び方をした a 突然変異体、がく片-がく片-心皮-心皮という並び方をした b 突然変異体に分類できることが分かった (図 3)。このように本来あるべき位置とは異なった位置に器官が発生する変異をホメオティック変異と呼ぶ。ホメオティック変異をもたらす遺伝子は、ホメオティック遺伝子と呼ばれ、発生中の未分化な細胞に位置情報を与える働きを持つ。ホメオティック遺伝子の研究によって、ショウジョウバエをはじめとする

図3 トマトの花原基



矢印はがく片の原基

動物の発生や形態形成について多くのことが分かったように、植物においても花の形態形成に関して「ABC モデル」という基本概念が考えられたのである。その後の研究により、ABC モデルは、そのままか少し改変することにより、裸子植物を含むすべての種子植物に適用できると考えられている。

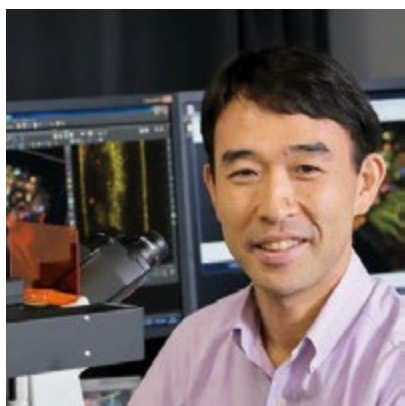
【推薦図書】平野博之・安部光知「花の分子発生遺伝学」(2018 年、裳華房)

【生物を学ぶ高校生へのメッセージ】高校で学ぶ物理や数学は近代までに完成された学問内容がほとんどで、大学で学ぶ現代物理や現代数学との間にはギャップがあります。それに比べ、平成 24 年に改訂された生物は大幅に現代科学を取り入れた内容になっており、教科書は大学でも使えるほどです。生物を単に暗記科目として捉えるのではなく、生物学の考え方も是非学んで欲しいと思います。

花の中：重複受精を達成する細胞たちの世界

東山 哲也

(名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所／東京大学大学院理学系研究科)



<略歴> 1994 年 東京大学理学部生物学科卒業／1999 年 同大学大学院理学系研究科修了／1999 年～2006 年 同大学大学院理学系研究科助手／2007 年～現在、名古屋大学大学院理学研究科教授／2013 年～現在、同大学トランスフォーマティブ生命分子研究科教授／<研究テーマ> 植物の受精を初めて映像として捉えることに成功し、140 年の謎であった、受精のための誘引物質を発見。「顕微鏡下で自由自在に」をモットーに、独自のライブセル解析と、化学・工学との異分野融合により、植物生殖を中心とした

生命現象について鍵分子の同定を目指す<趣味> 家族との素敵な旅行と食事

1. はじめに

生物の教科書のなかで、植物の生殖と発生に関する項目は複雑で覚えにくく、苦手意識があるかも知れません。限られた文字数では、組織や細胞の名称や、基本的なプロセスしか記載することしかできません。また写真や図が中心だと、動きのない世界に感じてしまうかも知れません。しかし実際の植物の生殖と発生は、個性的な細胞たちが動いたり、周囲の細胞たちと精密なコミュニケーションを取ったりしながら達成する、とても動的な現象です。被子植物の繁栄を支え、食糧生産において人類も支えている現象です。この講演で、植物の生殖と発生を得意分野の一つにしてもらうことを目指します。そして何より、「花の中でこんなことが起こっていたのか」と、教科書を彩る植物の世界を知ってもらいたいと思います。

2. 動物との大きな違いは「減数分裂」のあとの細胞分裂の有無

教科書には複雑な組織や細胞の名称が並びます。動物の卵や精子に比べると、難しいと感じるかも知れません。動植物で共通する、「減数分裂」をもとに考えましょう。減数分裂は、父親と母親から受け取ったゲノムを半分に減らすための特殊な細胞分裂です。 $2n$ (2 倍体) の細胞 1 つから、減数第一分裂および第二分裂を経て、 n (1 倍体) の細胞が作られます。有性生殖を可能にした根幹の仕組みの一つです。

動物では、減数分裂で作られた細胞から、受精する細胞（配偶子）である卵や精子を直接作ります。これに対し植物では、減数分裂で作られた細胞が細胞分裂を行い、その細胞集団のなかから配偶子を作ります。これにより、卵と精子だけでなく、受精を支える他の細胞たちが、ユニークな役者たちとして登場します。講演では、この役者たちの誕生の瞬間や動く

様子をご覧ください。役者たちを知ると、植物の生殖と発生の姿が見えてきます。

3. 重複受精を細胞の役割から理解する

重複受精は、卵だけでなく隣の細胞も受精して、種子の中に胚と胚乳を作る現象です。ヒトは受精卵から胎盤も作りますが、植物では隣の細胞を独立に受精させて栄養組織を作ります。隣の細胞とは、中央細胞という細胞で、その核には特別に極核という名前があります。卵細胞および中央細胞と受精するのは、自分では泳ぐことのできない精細胞という細胞です。泳げないので、精子とは呼ばれません。泳げないので、花粉から伸び出す花粉管細胞（もしくは栄養細胞）という細胞が運びます。花粉管細胞の成長速度は、1時間あたり1cmを超える植物も報告されるほど速く、受粉から素早く受精を達成することが可能となります。

花粉管がめしべの中でなぜ正確に卵細胞のある位置まで到達できるのかは長らく明らかではありませんでした。花粉管が卵の部分に引き寄せられるように伸びることを映像として捉えることに成功した私は、誘引のためのシグナルがどこから出ているのか興味を持ちました。そして細胞を一つ一つ狙ってレーザーで破壊する実験を行ったところ、卵細胞の隣にある助細胞という細胞を2つとも破壊すると、花粉管が誘引されなくなるを見つけました。卵細胞を破壊しても誘引は止まりません。助細胞が花粉管を誘引することが明らかとなりました。

助細胞が誘引シグナルとして、どのような物質を分泌するのか。植物学者たちが長年取り組んできた謎に取り組むことにしました。そのために顕微鏡をのぞきながら助細胞を取り出し、はたらいっている遺伝子を調べることで、ついに誘引物質を発見しました。ルアーと名付けた小さなタンパク質です。本講演では、こうした体験談に加え、さまざまな植物生殖の映像や、驚きの仕組みをご覧くださいと思います。

【参考図書】

東山哲也「受精をめぐる細胞たちの物語」理フィロソフィア 特集「植物を動かすもの」29, 04-07 (2015) <https://www.sci.nagoya-u.ac.jp/images/kouhou/29.pdf>

東山哲也「植物の生殖細胞と受精戦略」ライフサイエンス領域融合レビュー 1, e007 (2012) DOI: 10.7875/leading.author.1.e007

【高校生へのメッセージ】

「生物学にとってのロマンは何だろう？」とよく考えます。私にとっては、原始の地球のたった一種類の細胞から始まって、途切れることなく分裂・進化を続けて誕生したとされる、地球上の全ての生物とその細胞の多様性がロマンです。細胞はどこまで天井知らずに新たな能力を獲得していくのか。高校生物の教科書は、そんな多様な生物の全体像を、わずか厚さ1.5cm程度にまとめ上げた、奇跡のような書籍に見えます。大学から生物学を学び始めて、後から高校生物の教科書を見た私は、なおさらその凄さを感じます。そんな素晴らしい教科書を入口に、ぜひ自分なりの生物学のロマンを探してみてください！

遺伝子組換えを利用して青い花を作る

田中 良和（サントリーグローバルイノベーションセンター）

<略歴>1983年大阪大学理学研究科博士前期課程修了/同年サントリー株式会社入社/1988年理学博士(大阪大学)/2013年からサントリーグローバルイノベーションセンター株式会社研究部上席研究員現在に至る<研究テーマと抱負>バイオテクノロジーを利用した植物開発と実用化<趣味>読書、音楽鑑賞、旅行



1. 花の色

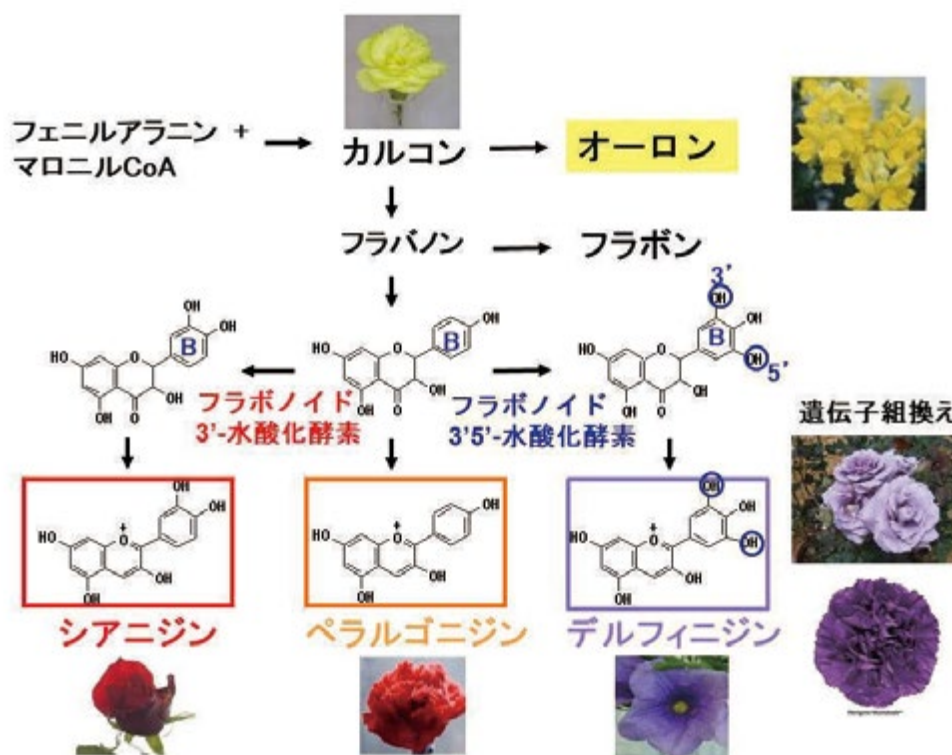
花の色は、花粉を運ぶ生物（ポリネーター）を呼び寄せる役割を担っていて、昆虫などの視覚と共進化したとされています。花色成分は、化学的には①フラボノイド、②カロテノイド、③ベタレインに分けられます。フラボノイドはフェニルアラニンなどから合成されるC6C3C6骨格をもつ化合物群（図）で、淡い黄色や赤、紫、青といった幅広い色を担います。赤、紫、青の成分は糖が結合したアントシアニンと総称される化合物群で、細胞の中の液胞に局在します。アントシアニンはその構造、とりわけB環の水酸基の数（図）により大きく色が変わります。B環の水酸基の数が3個の化合物はデルフィニジン（図）と呼ばれ、多くの青い花（リンドウ、ラベンダー、キキョウなど）に含まれます。また、フラボンや金属イオンが共存したり、液胞のpHが上昇したりすると青く変化します。種によって咲かせる色は遺伝的に決まっています。バラ、カーネーション、キク、ユリなどはフラボノイド3',5'-水酸化酵素遺伝子を持たないため、デルフィニジンを合成せず、青や紫の色はなく、ペチュニア、リンドウなどはペラルゴニジンを合成しないので鮮やかな赤い色の花はありません。

カロテノイドは、黄色か赤の成分で、黄色のバラやキクが代表的な例です。ベタレインはナデシコ目の一部の植物（オシロイバナ、サボテンなど）が生産するやはり黄色か赤の成分です。

2. 遺伝子組換え植物の作製

まず実現したい性質（この場合、花の色を青くすること）に寄与する遺伝子を得る必要があります。花の色を青くするために効果が大きいフラボノイド3',5'-水酸化酵素（図）を青いペチュニアやパンジーの花弁から取得しました。遺伝子の単離の方法はいくつかありますが、今では多数の植物種のゲノム情報などがありますので、目的の遺伝子を取得することは以前ほど困難ではありません。得た遺伝子が目的の組織（この場合花弁）で機能するように、得た遺伝子上流（5'側）に適切なプロモーターと呼ばれるDNA配列を連結する必要があります。植物のどの組織でも機能するような（構成的と言われる）プロモーターがよく使われます。植物細胞に遺伝子を導入するには、植物細胞に遺伝子を移行させる能力がある *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium radiobacter*) を用いる場合が多いです。この細菌

に、目的の遺伝子と抗生物質（カナマイシンなど）への耐性を付与する遺伝子を連結したベクターを導入します。植物の葉片などに遺伝子を導入した細菌を感染させると植物の細胞に遺伝子が行移します。抗生物質を含む培地で培養すると、遺伝子が導入された細胞だけを選抜できます。植物ホルモンや栄養成分を工夫すると、植物細胞の全能性を利用して、植物体に再分化させることができます。植物種や品種によって、感染や再分化に必要な条件を設定する必要があります、遺伝子組換え植物作製過程の中で最も時間と手間がかかるのがこの段階です。導入した遺伝子が染色体のどこに挿入されるかにより、遺伝子がどの程度うまく働くか（＝目指す形質が得られるか）が左右されますので、できるだけ多くの遺伝子組換え体を作製して、目指す形質を持つ系統を選抜する必要があります。なお、近年話題のゲノム編集も基本的に遺伝子組換えと同様の手順で行います。



3. 遺伝子組換え植物の販売に必要なこと

遺伝子組換え植物の販売には、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」（通称「カルタヘナ法」）に基づいて、認可を得る必要があります。国内に存在する交配可能な野生種への影響（gene flow）などが重要な評価項目となります。

【参考図書】①岩科 司「花はふしぎ—なぜ自然界に青いバラは存在しないのか？」（ブルーバックス）、②柴田道夫「花の品種改良の日本史」（悠書館）、③最相葉月「青いバラ」（岩波現代文庫）

【生物を学ぶ高校生へのメッセージ】怪しげな情報やフェイクニュースに惑わされずに科学的合理的に判断できるようになってください。

日本植物生理学会第 62 回年会 高校生生物研究発表会

発行 2021 年 3 月 16 日

編集 一般社団法人日本植物生理学会第 62 回年会実行委員会
高校生生物研究発表会担当
島根大学 赤間 一仁

印刷 中西印刷株式会社

