

日本植物形態学会第 36 回大会 研究発表要旨集



2024年9月13日

宇都宮大学・陽東キャンパス

プログラム

◎ 総会 (12:15～13:00, 宇都宮大・陽東キャンパス 10 号館アカデミアホール)

◎ 日本植物形態学会 3 賞授賞式 (13:00～13:20, 宇都宮大・陽東キャンパス 10 号館アカデミアホール)

「学会賞」 東山 哲也 氏 (東京大学)

「平瀬賞」 Furuya, T., Saegusa, N., Yamaoka, S., Tomoita, Y., Minamino, N., Niwa, M., Inoue, K., Yamamoto, C., Motomura, K., Shimadzu, S., et al. (2024) A non-canonical BZR/BES transcription factor regulates the development of haploid reproductive organs in *Marchantia polymorpha*. *Nat Plants* **10**: 785-797

代表受賞者 古谷 朋之 氏 (大阪大学)

Kazama, Y., Kitoh, M., Kobayashi, T., Ishii, K., Krasovec, M., Yasui, Y., Abe, T., Kawano, S., and Filatov, D.A. (2022) A *CLAVATA3*-like Gene Acts as a Gynoecium Suppression Function in White Campion. *Mol Biol Evol* **39**: msac195

代表受賞者 風間 裕介 氏 (福井県立大学)

Mizuta, Y., Sakakibara, D., Nagahara, S., Kaneshiro, I., Nagae, T.T., Kurihara, D., and Higashiyama, T. (2024) Deep imaging reveals dynamics and signaling in one-to-one pollen tube guidance. *EMBO Rep* (2024) **25**: 2529-2549

代表受賞者 水多 陽子 氏 (名古屋大学)

◎ 受賞記念講演会 (13:20～15:00, 宇都宮大・陽東キャンパス 10 号館アカデミアホール)

平瀬賞受賞記念講演 1: 13:20～13:40

「非典型 BZR/BES 転写因子がゼニゴケの生殖器官発生を制御する」

古谷 朋之 氏 (大阪大学)

平瀬賞受賞記念講演 2: 13:40～14:00

「ヒロハノマンテマの雌ずい発達抑制に関わる性決定遺伝子 GSFY の同定」

風間 裕介 氏 (福井県立大学)

平瀬賞受賞記念講演 2: 14:00～14:20

「二光子イメージングによる一対一の花粉管誘引ダイナミクスと多精拒否機構の解明」

水多 陽子 氏 (名古屋大学)

学会賞受賞記念講演: 14:20～15:00

「植物の生殖を視る」

東山 哲也 氏 (東京大学)

◎ **研究発表第一部:ポスターフラッシュ(15:10～16:15, 宇都宮大・陽東キャンパス 10 号館アカデミアホール)**

1 人 60 秒以内で研究の概要を発表していただきます。発表順は後掲の発表番号順(P001～P055)です。

◎ **研究発表第二部:ポスター発表, ポスター賞表彰*(16:30～19:00, 宇都宮大・陽東キャンパス 11 号館アクティブラーニング教室)**

16:30～17:30 奇数番号, 17:30～18:30 偶数番号, 18:45～19:00 表彰式

※¹ ポスター賞の対象は学生・大学院生の発表ポスターに限定します。ポスター賞の対象となる発表は、要旨のポスター番号の頭に◎をつけています。一般会員の方は優れた学生・大学院生の発表を 3 件まで選び、投票してください。受付でお渡しする投票用紙に記載してある方法(Google form あるいは、紙投票)でご投票ください。

※² 投票の締め切りは 18:30 です。

◎ **シンポジウム・関連集会のお知らせ**

9 月 14 日(土)～9 月 16 日(月祝)に開催される日本植物学会第 88 回大会において、日本植物形態学会が共催するシンポジウム1件が開催されます。こちらにも奮ってご参加ください。

●一般シンポジウム (9 月 14 日(金)14:00～17:00, L 会場)

「植物/微生物/オルガネラの相互作用をイメージングで解き明かす」

オーガナイザー:豊岡公德(理研), 永田典子(日本女子大)

[シンポジウム概要]

植物細胞内では、オルガネラ同士が活発に相互作用しています。色素体やミトコンドリアなどのオルガネラは、もともと別の生物が共生して進化したものであり、その動態は生物間相互作用の象徴とも言えます。今なお植物は、日々微生物の攻撃に晒されながらも、同時に共生関係を築くなど、植物 - 微生物間では様々な相互作用が生じています。最新のイメージング技術は、そのような相互作用の現場を捉えることを可能にしました。本シンポジウムでは、光学顕微鏡や電子顕微鏡の最新のイメージング技術を駆使し、オルガネラや微生物と植物との相互作用の実態に迫る研究を紹介します。

<参考> 会場へのアクセス

JR 宇都宮駅東口から

○LRT 全ての便 乗車約 10 分

「宇都宮大学陽東キャンパス」下車 徒歩 9 分

○関東バス（3 番乗り場）

ベルモール行，星の杜中学校・高等学校行

・ベルモール行 乗車約 10 分「工学部西」下車 徒歩 2 分

・その他の便 乗車約 9 分「工学部前」下車 徒歩 6 分

○タクシー約 10 分

JR 宇都宮駅西口から

○関東バス（14 番乗り場）

真岡行，益子行，ベルモール行，星の杜中学校・高等学校行

・ベルモール行，経由の便 乗車約 9 分「工学部西」下車 徒歩 2 分

・その他の便 乗車約 9 分「工学部前」下車 徒歩 6 分

東武宇都宮駅から

○関東バス（1 番乗り場）

真岡行，益子行，星の杜中学校・高等学校行，ベルモール行

・ベルモール行，経由の便 乗車約 17 分「工学部西」下車 徒歩 2 分

・その他の便 乗車約 17 分「工学部前」下車 徒歩 6 分

○タクシー約 15 分

JR 宇都宮駅周辺マップ



(宇都宮大学 HP より引用)

LRT 停留所から陽東キャンパスまで



① LRT 停留所からは、ショッピングモール（ベルモール）と映画館（TOHO シネマズ）の間にある陽東さくら通りを南に向かってお進みください。コンビニ（ミニストップ）を過ぎた先に正門があります（徒歩9分）。

② バスの方は、陽東さくら通りをショッピングモールに向かってお進みください。

陽東キャンパス内マップ



(宇都宮大学HPより引用)

P-001**ホシザキユキノシタの花弁が退化した理由
～訪花昆虫と花弁の形態進化の関係～**

熊谷緋沙子

東京都千代田区立九段小学校 5年

- (1)背景:2023年の研究で10万枚以上の写真を撮影しユキノシタに夕方多数の蚊が来ていたことを発見した。
 (2)目的:ユキノシタの一種のホシザキユキノシタは花弁が雄しべに退化したと知られている。そこで花弁の形態進化と訪花昆虫の関係を研究した。
 (3)結果:ホシザキユキノシタも夕方の主な訪花昆虫は蚊だった。蚊は訪花の時に退化した花弁や葯を足場に使っていた。さらに、通常の花弁の内部では未成熟な花粉が作られていた。
 (4)考察:ホシザキユキノシタは蚊などに送粉してもらいやすいよう、花弁を雄しべに進化させたのかもしれない。

P-002**花粉発生過程のライブイメージングと一過的導入による分裂誘導**永原史織^{1,2}, 丸山大輔³, 山岡尚平⁴, 水多陽子^{2,5}¹京都大学・院・理, ²名大・ITbM,³横浜市立大・木原生研, ⁴京大・院・生命科学,⁵名大・高等研

花粉は小孢子が非対称分裂し、大きい娘細胞が栄養細胞に、小さい娘細胞が雄原細胞に分化することで作られる。小孢子が異常な対称分裂を起こすと両娘細胞とも栄養細胞となるため、雄原細胞の分化には非対称分裂が必須と考えられている。本研究ではベンサミアナタバコをモデルとし、一過的な遺伝子導入と花粉発生系を組み合わせ任意の遺伝子を一過的導入し、花粉の非対称分裂をライブイメージングする手法を確立した。細胞周期遺伝子を花粉に導入したところ、栄養細胞の異所的な非対称分裂が誘導され、雄原細胞様細胞が形成された。この雄原細胞様細胞では雄原細胞系列特異的な転写因子 DUO1 オルソログの発現が見られたことから、雄原細胞形質を持つと考えられた。

◎P-003**植物の再生に關与するクロマチンリモデリング因子の網羅的解析**堀江綾香¹, 坂本卓也², 佐藤輝¹, 乾弥生¹, 鈴木穰³, 松永幸大¹¹東大・院・新領域・先端生命, ²神奈川大・理・理,³東大・院・新領域・メディカル情報生命

植物は高い再生能力を持つ。多能性細胞塊のカルスを介した再生系では、植物の組織片にカルスを形成させ、シュート誘導を行うことでカルスから新規シュートを再生できる。この再生過程では、エピジェネティック制御機構と再生能力の関連が示唆されている。ヒストン修飾酵素と再生能力の関係は複数報告されているが、協同して働くクロマチンリモデリング因子との関係は報告されていない。そこで、本研究ではクロマチンリモデリング複合体の構成因子 BRAHMA (BRM) に着目し、新規シュート再生時における役割の解明を目的とした。これまでの実験から、BRM は根からのシュート再生を促進させることが分かった。さらに次世代シーケンズ解析を行い、再生過程の分子機構に迫った。

P-004**培地中の栄養源が単細胞緑藻の細胞増殖に与える影響**

北風陽向, 墨谷暢子

新潟大学・理

単細胞緑藻 *Nannochloris bacillaris* は培地中にグルコースとポリペプトンを添加すると細胞の増殖が速く、また細胞が大きくなる。本研究では、増殖速度と細胞サイズに対してグルコースとポリペプトンのそれぞれがどのような効果を示すのかを調べた。培地中にグルコースを添加すると細胞周期の特に G1 期が短くなるが、細胞のサイズには影響がなかった。ポリペプトンの添加も細胞周期の G1 期の長さを短くするが、グルコースよりはその効果は小さかった。またポリペプトンの添加は細胞のサイズを大きくした。ただし過度のポリペプトンの添加は細胞分裂を阻害してしまうことがわかった。

P-005

単細胞紅藻シズンで明らかになった有性生殖過程

廣岡俊亮¹, 藤原崇之¹, 山下翔大¹, 周 柏峰¹,
辻野代¹, 富田麗子¹, 八木沢 美美², 宮城島進也¹
¹ 遺伝研・遺伝形質, ² 琉球大・研究基盤

Cyanidioschyzon merolae (シズン) はイデユコゴメ類に属する単細胞紅藻であり, 高温・強酸性の温泉に生息する。シズンは細胞サイズが小さく(1.5~3 μ m), 細胞壁を持たず, 二分裂によって無性的に増殖する。真核藻類において初めてゲノム情報が解読され(Matsuzaki et al. 2004), そのゲノムには配偶子融合に関わるGCS1 や減数分裂関連遺伝子がコードされていることが明らかになった。しかしながら, これまでにシズンにおいて有性生殖過程は見つかっていなかった。

最近になって我々は, シズンの有性生殖過程を発見した。シズンは高精度ゲノム情報が整備されており, 高度な遺伝的改変技術も開発されていることから, 今後, 有性生殖研究のモデル生物として利用できると考えられる。

◎P-006

単細胞紅藻イデユコゴメの環境模倣培養系での増殖期と非増殖期の比較

辻野代¹, 藤原崇之^{1,2}, 廣岡俊亮², 山下翔大²,
宮城島進也^{1,2}
¹ 総研大・生命科学, ² 遺伝研・遺伝形質

【背景】微生物の自然界での生存戦略を正確に捉えるには, 自然環境に近い条件での解析が必要である。

【目的】環境模倣培養系を用いて, 微細藻類の増殖期と非増殖期の違いを解明し, 自然界での生存戦略を理解する。

【方法・結果】草津温泉でイデユコゴメは夏に増殖し冬に増殖をほとんど停止する。この温度依存的な増殖は実験室内の環境模倣培養系でも再現された。環境模倣培養系での解析から, 温度による光合成色素量の差はなかったが, 酸素発生は高温で増加した。

【考察】吸収される光エネルギー量は温度によらず一定で, 非増殖期に吸収されたが成長に使われないエネルギーが何らかの形で捨てられていると考えられる。

P-007

塩ストレス誘導性液液相分離に関するABA合成新規制御因子の機能解析

佐藤輝^{1,2}, 藤本聡³, 藤田美紀¹, 高橋史憲²,
桑田啓子⁴, 松永幸大^{1,3}, 篠崎和子^{5,6}, 篠崎一雄²
¹ 東京大・新領域, ² 理研・環境資源科学研究セ,
³ 東理大・理工, ⁴ 名大・ITbM, ⁵ 東大・農学生命科学,
⁶ 東京農大・農生命科学研

植物ホルモンであるアブシジン酸(ABA)は乾燥ストレス応答を誘導する主要な因子である。ストレス条件下におけるABA蓄積にはABA生合成酵素であるNINE-CIS-EPOXYCAROTENOID DIOXYGENASE (NCED)の遺伝子発現誘導が必要であるが, その発現誘導メカニズムの詳細は明らかになっていない。

本研究ではinserted chromatin precipitation (iChIP)と呼ばれる手法で, NCED3 遺伝子プロモーター上に存在する転写複合体を単離・同定することを試みた。その結果, 複数の候補因子が単離され, その内1つのタンパク質については, 塩ストレス条件下に核内で液液相分離と予測されるドット状の構造を示すことが明らかになった。

P-008

赤外レーザー照射による単一細胞レベルの遺伝子発現誘導の最適化

友井拓実^{1,2,3,4}, 爲重才覚^{5,6}, 坂本丞^{4,7}, 立松圭^{8,9}, 玉田洋介^{3,10}, 別役重之¹¹, 亀井保博^{4,10,12}
¹ 東京理科大・創域理工, ² 宇都宮大・イノベーション支援センター, ³ 宇都宮大・工, ⁴ 基生研・生命熱動態, ⁵ 京都府立大・院・生命環境科学, ⁶ 横浜市立大・木原生物化学研究所, ⁷ ExCELLS・バイオフィトニクス, ⁸ 基生研・植物器官形成学, ⁹ 基生研・研究力強化戦略室, ¹⁰ 宇都宮大・CORE, ¹¹ 龍谷大・農, ¹² 基生研・バイオイメージング解析室

Infrared laser-evoked gene operator (IR-LEGO) は, 顕微鏡下で狙った一細胞に赤外レーザーを照射することで, 熱ショック応答を介して, その細胞で遺伝子発現を誘導できるシステムである。本研究では, コケ植物ヒメツリガネゴケと被子植物シロイヌナズナにおいて, 赤外レーザー照射条件として, 照射時間と出力を最適化した。定量イメージング解析あるいはデータ駆動型アプローチから, 比較的長い照射時間と低い出力の組み合わせによって, 遺伝子発現誘導の効率が上昇することが分かった。また, シロイヌナズナにおける研究では, 細胞サイズが, 遺伝子発現の誘導効率に影響することが分かった。本発表では, 照射条件の最適化によって, 植物におけるIR-LEGOの利便性が拡大したことを報告する。

◎P-009

珪藻 *Phaeodactylum tricornutum* おけるゴルジ体の形態と複製様式の推定城間尚¹, 江口陽菜², Bruno Humbel³, 田中厚子^{1,2}¹琉球大・理, ²琉球大・院・理工,³OIST・イメージングセクション

ゴルジ体は細胞内でタンパク質などの修飾と輸送を司り、哺乳類細胞では単一のゴルジ体が有糸分裂前に小胞化して娘細胞に分配されるが、植物細胞では多数のゴルジ体が有糸分裂中も形態を維持したまま分配される。本研究では前述の生物群とは系統的に全く異なる珪藻ゴルジ体の形態と複製様式の推定を目的とした。珪藻 *P. tricornutum* のゴルジ体を蛍光顕微鏡、収束イオンビーム走査型電子顕微鏡 (FIB-SEM)、透過型電子顕微鏡を用いて観察したところ、本種はトランスゴルジネットワークを伴う単一のゴルジ体を有し、有糸分裂前に複製が完了することが明らかとなった。さらに複数のシスターネが中央で二分されるような電子顕微鏡画像も得られており、珪藻の単一ゴルジ体は分裂によって複製される可能性が示唆された。

P-010

トライコームの形態的特徴とカルシウム蓄積

鈴木智子^{1,2,3}, 野元美佳¹, 金子康子⁴, 徳永誠⁵, 永田典子², 豊岡公德³, 多田安臣¹¹名古屋大・遺伝子, ²日本女子大・理・化生,³理研 CSRS, ⁴埼玉大, ⁵埼玉大・科学分析

シロイヌナズナでは、雨滴が葉に当たると、葉面上の毛状突起 (トライコーム) を起点としてカルシウムウェーブが起き、免疫の活性化が起こる。本研究では、トライコームを起点とした情報伝達機構の解明を目指して、電顕解析により詳細なトライコームの構造と、Ca の局在を明らかにした。構造的特徴として、トライコーム細胞壁は厚く、ペクチンを多く含むこと、基部では多数のクラスター化したプラズモデスマータを介して隣接細胞と連絡していることが明らかとなった。また、元素分析により、トライコーム上部では Ca が非常に高濃度で蓄積しており、刺激により Ca が部分的に減少することを示した。本結果により、カルシウムウェーブの Ca 源と Ca 動態を探る上での重要な知見が得られた。

◎P-011

シロイヌナズナオートファジー変異体の色素体形態

新川凜¹, 藤原誠², 伊藤竜一³¹琉球大・院・理工, ²上智大・理工, ³琉球大・理

緑色植物の色素体からは、ストロミュールと呼ばれる管状の構造物が伸長する。ストロミュールの役割や生理的意義は十分に解明されていないが、その役割の一つとして、オートファジーを介した葉緑体の部分分解に関与しているとする報告がある。

本研究では、ストロミュールとオートファジーの関連性を調査するため、シロイヌナズナのオートファジー変異体である *atg5* 変異体, *atg7* 変異体において色素体の可視化と観察を行った。その結果、これらの変異体の孔辺細胞において、色素体の数が増え、ストロミュールが過剰に伸長していることがわかった。これらの結果は、孔辺細胞における色素体形態の維持にオートファジーが関与している可能性を示唆している。

◎P-012

高温・酸性環境に生息する多様な真核生物群の発見

砂田友輝^{1,2}, 山下翔大², 辻野代^{1,2}, 宮城島進也²¹総研大・遺伝学, ²遺伝研・遺伝形質

極限環境は多くの生物にとって生存不可能な環境である。しかしながら、一部の微生物はそのような環境に適応するための独自の機構を進化させてきた。真核生物は原核生物に比べて、極限環境に適応しにくいと考えられている。これまでに高温かつ強酸性に生息する真核生物として、単細胞紅藻のイデユコゴメ綱のみが知られていた。

今回、高温・酸性環境の硫酸酸性温泉を調査した結果、イデユコゴメ綱以外の単細胞真核生物 7 種 (すべて従属栄養性) を発見・単離することができた。18s リボソーム DNA 配列を用いた系統解析の結果、これらの真核生物は多種多様な系統に属することが示され、多様な真核生物が独自に高温・酸性環境に適応進化したことが示唆された。

◎P-013

エチオプラストから葉緑体への分化過程における酸性膜脂質の役割

上床理紗¹, 大目歩果¹, 吉原晶子², 小林啓子¹, 高橋綾子¹, 大崎有美¹, 秋田佳恵^{1,3}, 藤井祥⁴, 小林康一², 永田典子¹

¹ 日本女子大・院理, ² 大阪公大・院理, ³ 日大・生物資源, ⁴ 弘前大・農生

エチオプラストは、光が当たると急速に葉緑体へ分化する。エチオプラスト内部にはプロラメラボディ(PLB)があり、光照射後すぐに崩壊してチラコイド膜が形成される。色素体膜には、酸性膜脂質であるホスファチジルグリセロール(PG)とスルホキノボシルジアシルグリセロール(SQDG)が含まれる。本研究の目的は、酸性膜脂質 SQDG と PG がエチオプラストから葉緑体への分化に与える影響を調べることである。各膜脂質の合成能力が低下したシロイヌナズナ変異体を用いて、分化過程を電子顕微鏡で解析した。従来の光照射 0h のサンプリングでは室内光の影響が懸念されたため、赤外線暗視カメラ下でのサンプリングも行った。その結果、PG が減少する変異体では、光照射による PLB の崩壊が野生型よりも速いことが明らかになった。

◎P-014

X 線 μ CT データにおけるヒメツリガネゴケ仮根の機械学習を用いた検出法の改良

八木原直樹¹, 若林孝尚², 山浦遼平¹, 玉置大介³, 蒲池浩之³, 山内大輔⁴, 峰雪芳宣⁴, 星野真人⁵, 上杉健太郎⁵, 日渡祐二⁶, 半場祐子⁷, 久米篤⁸, 藤田知道⁹, 唐原一郎³

¹ 富山大・院・理工, ² 富山大・理, ³ 富山大・学術・理, ⁴ 兵庫県大・院・理, ⁵ 高輝度光科学研究センター, ⁶ 宮城大・食産, ⁷ 京工繊大・応用生物, ⁸ 九大・院・農, ⁹ 北大・院・理

コケ植物は、重力にตอบสนองして仮根系を作り土壌形成に貢献してきたと考えられるが、その仕組みはよく分かっていない。仮根系形態への重力影響を三次元で解析するため、宇宙実験 Space Moss において、微小重力下で生育され軌道上で固定されたヒメツリガネゴケ (*Physcomitrium patens*) の仮根系試料の X 線 μ CT データを得た。機械学習を用いた仮根の自動セグメンテーションの効率化に取り組み、形態解析を行っている。

X 線 μ CT 観察は JASRI 利用課題 2020A1264, 2021B1316, 2022B1143 で行った。

P-015

花粉における転写活性状態の観察

澁田未央, 阿曾亜海, 大川優月
山形大学・理

花粉は種子植物の生殖において重要な役割を持つ。シロイヌナズナの雄性配偶子核では転写活性が大規模に低下する一方で、一部の領域では維持される。被子植物の雄性配偶子核における転写の大規模抑制と部分維持に関わる制御機構を明らかにするために、核が大きく詳細な構造観察が可能なテッポウユリを用いた解析を行った。その結果、雄性配偶子核における転写活性の低下は乾燥に伴って進行し、クロマチン密度の低い領域に限定化されることが明らかになった。さらに、転写は花粉管伸長過程で大規模に再活性化されることがわかった。本発表では、花粉における転写ダイナミクスについて、花粉管伸長における再活性化の役割の考察と合わせて報告する。

◎P-016

植物再生能力に関与するエピジェネティック・プライミング複合体の同定と機能解析

半田和華¹, 佐藤輝¹, 坂本卓也², 野澤彰³, 澤崎達也³, 松永幸大¹

¹ 東大・院・新領域・先端生命, ² 神奈川大・理・理, ³ 愛媛大・PROS

植物は高い再生能を有している。再生能獲得の機構として、多能性細胞塊であるカルスでは、ヒストン脱メチル化酵素の LYSINE-SPECIFIC DEMETHYLASE 1-LIKE 3 (LDL3) が、シュート(葉や茎)の再生に関わる遺伝子の H3K4me2 を脱メチル化し、遺伝子発現を待機状態にすることが解明されている。一方で、LDL3 による標的遺伝子の認識機構は未解明である。我々は、LDL3 が特定の因子と相互作用し、エピジェネティック・プライミング複合体を形成することで標的遺伝子を認識しているのではないかと仮説を立てた。本研究では、近位依存性ピオチン化標識酵素を用いたスクリーニングや、LDL3 標的遺伝子の cis element enrichment 解析から、LDL3 の相互作用因子の探索を行っている。

P-017

シアノバクテリアと動物培養細胞を用いた一次共生系のイメージング解析

石田萌音¹, 小玉智恵¹, 乾弥生¹, 仮屋園遼²,
松永朋子¹, 小山内崇², 丸山真一朗¹, 松永幸大¹
¹東大・院・新領域・先端生命, ²明治大・農

太古に生じた細胞内共生はまだまだ未知な点が多く,特に原始真核細胞が原始原核細胞を取り込んだメカニズムは知られていない. 本研究では葉緑体の出現に関与した一次共生に着目し,その再現を通じて原始シアノバクテリア様光合成細胞が動物細胞に取り込まれる現象の理解を目指す.

一次共生のモデルとして共生体にシアノバクテリア (*Synechocystis* sp. GT6803), 宿主に CHO-K1 細胞 (チャイニーズハムスター卵巣由来) および HT1080 細胞 (ヒト線維肉腫由来) を採用した. これらについてイメージング解析を行った結果, 宿主細胞に共生体が入り込まれた様子が観察された. また CHO-K1 細胞内においては膜構造に包まれた共生体の様子が確認できた. 今回はこれまでのイメージング解析の詳細な結果について報告する.

◎P-018

微細藻類ユーグレナのプロモーター配列の探索

尾崎颯聖¹, 伊藤拓音¹, 乾弥生¹, 野村俊尚^{2,3},
金俊植^{2,4}, 鈴木健吾^{2,5}, 持田恵一², 松永幸大¹
¹東大・院・新領域・先端生命, ²理化学研究所,
³山形大・農, ⁴岡大・植物研, ⁵株式会社ユーグレナ
¹Dept. of Integr. Biosci., Grad. Sch. of Front. Sci., Univ. of Tokyo, ²Microalgae Resource Upcycling Research Lab.,RIKEN, ³Faculty of Agriculture, Yamagata univ., ⁴IPSR, Okayama Univ., ⁵Euglena Co.,Ltd.

ユーグレナは多様な産業分野で活用されているが,複雑なゲノムや遺伝子がポリストロニックに発現するなどの特徴を持つため,従来の DNA ベクターでの形質転換が困難である. 本研究では, *Euglena gracilis* Z 株のハイグロマイシン感受性を利用し,ハイグロマイシン耐性遺伝子や蛍光タンパク質を様々なプロモーターと組み合わせ,アグロバクテリウム法やエレクトロポレーション法などで形質転換を試み, *Euglena gracilis* Z 株で駆動するプロモーターの探索をおこなった. また,光環境変化に対する柔軟な適応能力に注目し,遺伝子発現解析を行った. 光環境変化後の遺伝子発現解析結果について報告する.

◎P-019

花卉アイデンティティ遺伝子の葉における異所的発現の表現型解析

樋口さくら¹, 古賀皓之¹, 塚谷裕一¹
¹東大・院・理

花卉は葉が変化した器官であるが,両者の間には様々な違いが存在する. 花卉アイデンティティは ABCE モデルの A・B・E 遺伝子の発現によって決まるとされており,実際,これらの遺伝子の異所的発現によって,葉を見た目上花卉化できることが知られている. しかし,この時どの程度花卉化されるのかについては詳しく調べられていない. そこで,本研究では葉を花卉化することが確認されている A 遺伝子と B 遺伝子(AP1, AP3, PI), または, B 遺伝子と E 遺伝子(AP3, PI, SEP3)を全身で発現誘導できるシロイヌナズナの形質転換システムをそれぞれ作成し,葉の表現型を実際の花弁と比較した. 現時点で得られたデータをもとに,花卉アイデンティティ遺伝子の発現で葉がどこまで花卉化するかを報告する.

◎P-020

蛍光輝度の回復を指標にした sRNA の細胞間移行の顕微鏡解析

額賀実那子¹, 土井李里夏¹, 松本歩², 齋藤あゆみ²,
木林有里子², 竹田篤史¹, 元村一基²,
¹立命館大学・院・生命科学, ²立命館大学・総研

花粉は栄養細胞と精細胞で構成される. 最近, 遺伝子発現抑制機構である RNA サイレンシングの鍵分子 “small RNA (sRNA)” の一部が, 栄養細胞で作られて精細胞に移行して機能することが分かってきた. そこで本研究ではこれを “移行性サイレンシング” と定義し, 知見の多い “体細胞組織での RNA サイレンシング” との比較から, 移行性サイレンシングを理解することを目指した.

まず “sRNA が合成できない場合は花粉全体が RFP 蛍光を発する一方, 合成した sRNA が精細胞に移行できない場合は精細胞のみ RFP 蛍光を発する花粉” を作出した. この花粉を材料に, 体細胞で既知の RNA サイレンシング遺伝子を次々破壊し, RFP 蛍光を観察した.

その結果, 破壊遺伝子に応じて蛍光回復の程度に違いがみられ, 特定の遺伝子のみが移行性サイレンシングに関与することが示唆された.

◎P-021

水陸両生植物 3 種における根の表現型可塑性とその制御機構の共通性

佐藤友, 古賀皓之, 塚谷裕一
東大・院・理

陸上と水中で生育できる水陸両生植物の多くの種は、環境に応じて異なる形の葉を形成する「異形葉性」という表現型可塑性をもつ。一方、根の表現型可塑性に関する知見は乏しい。本研究では、水陸両生植物ミズハコベ(オオバコ科)が、陸上では根毛が豊富で、細く通気組織の乏しい根を形成するのに対し、水中では根毛が乏しく、太く通気組織の発達した根を形成するという点を明らかにした。また、ミズハコベとは遠縁の水陸両生植物 *Ludwigia arcuata* (アカバナ科)と *Rorippa aquatica*(アブラナ科)でも、それぞれ根毛と通気組織に類似の可塑性がみられた。さらに、根毛の可塑性には ABA が、通気組織の可塑性には細胞剥離がそれぞれ関与するという点で、制御機構にも共通性がみられた。本発表では、形態観察の結果に加え、可塑性がもつ適応的な意義や 2 つの可塑性が収斂進化した可能性に関して議論する。

◎P-022

アワゴケ属の水陸種チシマミズハコベの葉の形態的特徴

溝口大樹, 佐藤友, 古賀皓之, 塚谷裕一
東京大学・院・理

オオバコ科アワゴケ属は陸生種だけでなく、水中でのみ成長できる水生種や、陸上でも水中でも成長できる水陸両生種を含み、水生植物の進化を理解するのに適した分類群である。しかし、水陸両生種についての研究は蓄積されてきた一方で、水生種の形態学的報告はほとんどない。そこで水生種のチシマミズハコベの育成系を整え、形態観察を行なったところ、葉断面、茎断面、表皮細胞、水孔などに、特徴的な構造が観察された。また、本種は自然環境下では気孔をもたないが、ABA を添加すると気孔が形成されることもわかり、陸生の祖先植物の形態形成機構を完全には失っていない可能性が示唆された。本発表では、チシマミズハコベの形態を、今後の遺伝的解析の展望とともに報告する。

◎P-023

魚類胚に人為的に導入した微細藻類の分布および形態解析

岡部耀二¹, 尾田正二¹, 園池公毅², 豊岡公德³, 佐藤繭子³, 乾弥生¹, 松永朋子¹, 丸山真一朗¹, 松永幸大¹

¹東京大学・院・新領域, ²早稲田大学・教育,

³理化学研究所・CSRS

本研究では藻類が従属栄養生物体内に共生する「光共生」を魚類で人為的に再現する試みを行い、藻類と魚類の潜在的な共生能力の解明を目指している。これまでにメダカ胚の卵黄に緑藻 *Medakamo hakoo* および紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* をインジェクションして人為的な共存状態を構築し、藻類の生存やメダカの発生に着目した解析を行ってきた。その結果、藻類はメダカ胚内で生存し、メダカの発生は進行した。しかし藻類がメダカ胚内のどこに分布し、どのような細胞形態をとることで生存していたのかは不明だった。

そこでメダカ胚の経時的な顕微鏡観察、およびメダカ稚魚の切片作製を行い、藻類の時空間的な分布変化を調べた。その結果、藻類はメダカの卵黄膜直下に分布し続け、稚魚の孵化約7日後まで維持されることが分かった。現在は切片 SEM 法による電子顕微鏡観察でメダカ胚内における藻類の細胞形態を調べている。

◎P-024

トレンニア新規変異体 *frilly petal unduration1* (*fpu1*)の花弁の形態変化と原因遺伝子同定

黛隆宏¹, 石井公太郎^{2,3}, 畑下昌範⁴, 高城啓一⁴, 東山哲也⁵, 阿部知子³, 風間裕介^{1,3}

¹福井県大・院・生物資源, ²量研機構・放医研,

³理研・仁科センター, ⁴若エネ研・生物資源,

⁵東京大・理・生物科学

我々は、トレンニア(*Torenia fournieri*)に炭素イオンビームを照射した M₂ 集団から、新規変異体 *frilly petal unduration1* (*fpu1*)を選抜した。この変異体は、花弁先端が鋸歯化し花弁全体が波打っていた。花弁の維管束は複雑化しており、野生型よりも分岐数が増加していた。花弁の表皮細胞のサイズを測定したところ、野生型では向軸側と背軸側の細胞サイズが同等だったのに対し、*fpu1* では、背軸側の細胞の方が大きくなっていった。野生型との交配後代において *fpu1* と同じ形質を示す個体の DNA をバルク化し全ゲノムシーケンスを行った結果、シロイヌナズナの導管形成抑制遺伝子 *XYLEM NAC DOMAIN1* のオーソログ *TjXND1* のプロモーター領域が原因であることが示唆された。*TjXND1* の発現が変化することにより花弁の維管束が複雑化したと考えられる。

◎P-025

多肉葉の細胞肥大と核内倍加に相関はあるのか -キク科 5 属の植物を例に-

兪慧渤, 中山北斗, 澤崎賢斗, ドル有生, 古賀皓之,
森山安武, 塚谷裕一
東大・院・理

多肉植物では貯水組織において著しい細胞肥大がみられるが、この肥大メカニズムは解明されていない。これまでの研究では、シロイヌナズナの表皮細胞など一部の植物種・細胞種において細胞サイズと核内倍加に相関のみられることが知られている。そこで、キク科に分類される5属の多肉葉における細胞肥大と核内倍加について、解析を行なった。葉の解剖学的及び形態学的解析ののち、核内倍加のレベルを調べた結果、4つの属の植物では核内倍加は見られず、*Crassothonna* 属でのみ核内倍加が見られた。この結果、キク科の中でも多肉葉形成に核内倍加の関与が示唆される種と、未知のメカニズムの関与が示唆される種とが確認された。

◎P-026

Deciphering mechanisms in *Arabidopsis thaliana* in response to recurring heat stress

李逸朗¹, 佐藤輝¹, 坂本卓也², 山口暢俊³, 松永幸大¹

¹ 東京大・新領域, ² 神奈川大・理学部,

³ 奈良先端大・先端科学

Compared to direct exposure to heat shock (HS), plants exhibit an increased survival rate to heat stress when they have previously acclimated through exposure to sub-lethal heat conditions (ACC). However, it remains unclear whether the maintenance of active state in localized regions involves rearrangement of chromatin organization during the heat memory phase. Here, our objective is to elucidate how chromatin organization functions in *Arabidopsis thaliana* to withstand recurring heat environment.

We selected various knockout mutants affecting chromatin organization in *Arabidopsis thaliana* and subjected them with the wild type to ACC (37°C) and subsequent HS (43.5°C) treatments. Compared to the wild type, the mutant groups exhibited reduced survival rates 7 days post-treatment, indicating diminished heat memory ability. Interestingly, in the RNA-seq data, the expression level of *HEAT SHOCK TRANSCRIPTION FACTOR A2 (HSFA2)*, crucial for heat memory maintenance, was higher in one of the mutant groups compared to the wild type after ACC+HS treatment. Additionally, we analyzed gene expression differences in the RNA-seq data between the ACC+HS and HS-only treatment groups in the mutants.

◎P-027

シロイヌナズナエコタイプにおけるセントロメア配置の規則性の解析

矢野賢人, 坂本卓也
神奈川大学・理

真核生物におけるセントロメアの核内配置は、セントロメアが一方に偏って存在するパターンと、散在するパターンに大別される。このことは、各セントロメア配置パターンに何らの生物学的意義がある可能性を示唆する。この可能性を検証するため、様々な環境で育つシロイヌナズナのエコタイプに着目した。シロイヌナズナは散在するセントロメア配置パターンを取る。本研究では、様々なエコタイプのセントロメア配置を解析し、散在パターンの中にも多様性があるかどうかを検証した。シロイヌナズナのエコタイプ 189 系統について、FISH 法によりセントロメア配置の密集度合いと、セントロメア配置の偏り度合いを評価した。その結果、いずれのパラメータについても、エコタイプ間で一定ではないことが示された。

◎P-028

炭素源または窒素源の添加が無菌コレオケーテの藻体成長に与える影響

川平智都¹, 唐原一郎², 玉置大介²
¹ 富山大学・院・理工, ² 富山大学・学術・理

国際宇宙ステーション (ISS) での宇宙実験に用いる、無菌のコレオケーテ (*Coleochaete scutata* Breb. , CCAC 株) は成長速度が著しく遅い。一方で、細菌等が混在する株は成長速度が速く、細菌から栄養塩類やアミノ酸等の供給を受けている可能性がある。また、ISS の CO₂ 濃度は、地球の大気中より 10 倍以上高濃度だが、これが藻体形成に与える影響は不明である。そこで、CCAC 株の藻体成長促進を目的に、炭素源または窒素源を加えて培養条件を検討した。無機塩類、アミノ酸、CO₂ の単純添加では、細胞数、藻体投影面積に有意な差は無く、CCAC 株の成長は促進しない一方で、高 CO₂ 環境下で無機塩類またはアミノ酸を添加した培養では、細胞数、藻体投影面積は有意に増加し、CCAC 株の成長を促進することが示された。

◎P-029

Transcriptome analysis of protoplast regeneration in *Nicotiana tabacum*

Bingyi Liang¹, Hikaru Sato¹, Toshiyuki Nagata²,
Sachihiko Matsunaga¹

¹Grad. Sch. Fro. Sci., Univ. Tokyo,

²Grad. Sch. Sci. & Eng., Univ. Hosei

Gene editing technology based on Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR) has gained widespread use in novel plants breeding. To get non-genome modified plants, researchers merged the Cas9 protein and gRNA utilized in CRISPR/Cas9 technology into the Ribonucleoprotein (RNP) complex in vitro, enabling direct introduction into recipient cells for gene editing. Protoplast, devoid of cell wall, is more likely to absorb foreign genetic material, making it an ideal receptor for the RNP complex. Nevertheless, the technology of regeneration from protoplast to plant is still immature, and the mechanism of protoplast dedifferentiation and regeneration is still unclear.

Nicotiana tabacum is frequently employed in genome editing and molecular mechanism studies. Presently, we are employing transcriptome analysis of *N. tabacum* protoplasts throughout the isolation and regeneration period, to gain deeper insights into the mechanisms governing protoplast regeneration.

◎P-030

Blue light receptor CRY1-mediated regulation of plant regeneration

Li Min¹, Hikaru Sato¹, Takuya Sakamoto², Yayoi Inui¹,
Kazunari Yamamoto¹, Tomonao Matsushita³ and
Sachihiko Matsunaga¹

¹University of Tokyo, ²University of Kanagawa,

³University of Kyoto

Plants exhibit remarkable cell fate plasticity, allowing differentiated somatic cells to revert to pluripotent cells in response to various stimuli. This ability is widely exploited in micropropagation techniques, such as grafting and cutting, which can be further optimized by controlling environmental factors. Among these factors, light plays a crucial role, affecting both photosynthesis and plant morphogenesis. However, the role of light signaling in plant regeneration remains largely unexplored. In this study, we utilized a two-step tissue culture system to elucidate the regulatory mechanisms of light signaling in de novo plant regeneration. Specifically, we investigated the influence of several photoreceptors on shoot regeneration in *Arabidopsis thaliana*. Interestingly, our results revealed that only the mutation of *CRYPTOCHROME1* (*CRY1*) led to suppressed shoot regeneration, highlighting a key role for CRY1-mediated blue light signaling in this process. Furthermore, transcriptomic analysis during shoot regeneration in wild-type and the *cry1* mutant provided insights into the underlying molecular pathways. Future research will focus on identifying downstream target genes of CRY1 during plant regeneration.

◎P-031

タバコ培養細胞 BY-2 株において PPB に局在する KCH キネシンの動態解析

栗田紘生¹, 安原裕紀², 唐原一郎³, 峰雪芳宣⁴,
玉置大介³

¹富山大・院・理工, ²関西大・化学生命工,

³富山大・学術・理, ⁴兵庫県立大・院・理

分裂準備帯(PPB)の形成と成熟には微小管とF-アクチンの相互作用を仲介する因子の関与が考えられるが、詳細は不明である。本研究では、KCH キネシンを候補因子と考え、タバコ培養細胞 BY-2 株を用いて、*Nicotiana tabacum* の KCH である TBK1 と TBK2 の可視化株を作成し、TBK1 と TBK2 の動態解析を行った。まず、細胞内局在を調べた結果、各可視化株で PPB 様の局在が観察された。次に PPB 様局在を示した細胞を、20 μM Latrunculin B (LatB) で処理した結果、PPB 領域のシグナルが消失し、TBK1, 2 の PPB への局在には F-アクチンが必要であることが示された。一方、間期の細胞を 20 μM LatB で処理すると、TBK2 の表層微小管様の線状シグナルが維持されたことから、TBK2 の微小管への結合における F-アクチン要求性が分裂期依存的である可能性が示された。

P-032

単細胞紅藻ガルデリアの従属栄養成長との比較で見る光合成独立栄養成長のコスト

山下翔大¹, 廣岡俊亮¹, 藤原崇之¹, 周柏峰¹,
八木沢芙美², 村上博紀³, 栗井光一郎⁴, 宮城島進也¹

¹遺伝研・遺伝形質, ²琉球大・研究基盤,

³静岡大・グローバル共創科学, ⁴静岡大・理・生物学

混合栄養性の単細胞紅藻ガルデリアは周囲環境の有機炭素源の存在に応じて細胞が光合成能を失うが、その詳細や意義については不明瞭であり、本研究ではその解析を行なった。従属栄養条件下の細胞では葉緑体が大幅に縮小したが、この時細胞に含まれる窒素量、タンパク質量、葉緑体膜を構成する糖脂質量の減少もみられた。比較プロテオーム解析より、従属栄養条件下では葉緑体でのタンパク質合成が減少している一方で細胞質でのタンパク質合成が増加していることが示された。ガルデリア細胞にとっては葉緑体膜構造や光合成装置の合成そのものが大きなコストであり、光があっても有機炭素源が得られる場合にはそれを避けて従属栄養成長に特化すると考えられる。

◎P-033

Investigation of the Molecular Mechanism of Petiole Development in *Arabidopsis thaliana*

Yujie ZHAO, 中山 北斗, Zining WANG,
塚谷 裕一
東京大学・院・理

Leaves can be divided into two parts: lamina and petiole. Previous research mainly focused on lamina development, and little is known about petiole. Our research aims to reveal the detailed developmental process of petiole and underlying molecular mechanisms. We observed the petiole development with a confocal microscope and the observation suggested that petiole became obvious between 60 and 100 μm long stages. With a newly established live imaging system, we found that a distinct pattern of cell division frequency along the proximodistal (P-D) axis initiated from 60-100 μm stages. Additionally, this different cell division frequency had a potential correlation with the differentiation of petiole. Furthermore, distinct expression pattern of the lamina-outgrowth-related genes was found along the P-D axis at 60-100 μm stages, which may be a key for the distinct cell division frequency along the axis. Based on the above results, we will discuss petiole development.

◎P-034

過重力環境がタバコ培養細胞の微小管構造体の形成位置と角度に与える影響

山田瑞樹¹, 唐原一郎², 玉置大介²
¹富山大学・院・理工, ²富山大学・学術・理

重力環境の変化が植物の細胞分裂に与える影響を明らかにするため、過重力環境下で培養したタバコ培養細胞 BY-2 株の分裂期微小管構造体の形態観察を行った。その結果、100 G 下で培養した細胞では細胞長軸に対する紡錘体の傾きが 1G 下で培養した細胞よりも有意に大きくなり、一方で、フラグモプラストの傾きには過重力による影響が見られなかった。このことからフラグモプラスト形成以前に紡錘体の傾きを修正する機構が存在する可能性が考えられた。そこで、微小管構造体の角度の修正機構が存在する可能性と、その修正機構へのアクチンフィラメントの関与を明らかにするため、アクチン阻害剤で処理した細胞において、微小管構造体の角度解析および分裂過程のライブセルイメージングを行った。

◎P-035

細胞周期遺伝子 SCL28 による核内倍加に依存的・非依存的なサイズ制御機構の解析

薄井さくら, 阿部壮真, 小塚俊明, 伊藤正樹
金沢大学・理工・生命

植物の成長には、細胞増殖とそれにつづく細胞成長が重要である。最終的な細胞のサイズは遺伝的に制御されていると考えられる。これまでに、我々は細胞サイズの制御に大きく関与する細胞周期遺伝子として、GRAS ファミリーに属する転写因子 *SCL28* を同定した。シロイヌナズナにおいて、*SCL28* 遺伝子を過剰発現すると細胞分裂M期への進行が阻害され、核内倍加レベルの増加によって細胞のサイズが増大する。本研究では、*SCL28* の機能をさらに詳しく解析するため、タバコ BY2 培養細胞から単離された *NtSCL28* 遺伝子の機能解析を行った。まず、*NtSCL28* 遺伝子の過剰発現システムを BY2 培養細胞で作出したところ、すべて4倍体に倍数性が上昇しており、それに伴って細胞サイズが増大した。次に、*NtSCL28* が倍数性に依存しない細胞サイズ制御に関与するかどうか検証するためエストロジオール転写誘導システムを作出した。現在は、一過的発現誘導による解析を進めており、本大会ではこれらのシステムを用いた解析から、*SCL28* による細胞サイズ制御機構について報告する。

P-036

タバコ BY2 培養細胞を用いた細胞周期 G2/M 期移行の阻害因子 SCL28 の機能解析

阿部壮真, 小塚俊明, 伊藤正樹
金沢大学・理工・生命

細胞周期の進行には、細胞周期遺伝子による転写制御が重要である。GRAS ファミリーに属する転写因子 *SCL28* は、細胞周期における G2/M 期の進行を阻害すること、同遺伝子の過剰発現により核内倍加レベルが上昇して細胞サイズが増大することが、シロイヌナズナを用いた解析から報告された。しかし、植物体内では組織によって細胞成長は力学的制約を受けており、また各細胞の細胞周期が不均一であることから、*SCL28* による細胞サイズ制御について十分に理解が進んでいない。そこで本研究では、タバコ BY2 培養細胞を用いることでこれらの課題点を克服し、さらに薬剤処理による細胞周期同調実験を行った。タバコ BY2 培養細胞へシロイヌナズナの *AtSCL28* 遺伝子を導入した形質転換システムでは、細胞周期進行が阻害され、さらに核内倍加レベルと細胞サイズの増大が同時に生じることが示された。これらの結果を踏まえ、*SCL28* による細胞周期と細胞サイズの制御機構について議論する。

◎P-037

単細胞緑藻クラミドモナスで見られるプログラム細胞死様現象の解析

角田和亮¹, 佐々木大和², 大濱武³, 林八寿子^{1,2}¹新潟大学・院・自然科学, ²新潟大学・理・理,³高知工科大学・環境理工

我々は、緑藻クラミドモナスにおいて、シアノアクリレート(CA)微粒子処理により、アポトーシスの誘導剤であるメナジオン処理と同様なプログラム細胞死(PCD)様の現象が起きることを報告している(Widyaningrum et al., 2018)。多細胞生物の生き残り戦略として重要な PCD が単細胞緑藻においても機能していることは大変興味深い。この現象の制御機構を明らかにするために、これまでに、RNA-seq 解析や候補遺伝子破壊株の表現型解析を行い、MMP(マトリクスメタロプロテナーゼ)の関与については、すでに論文として報告している(Al-Azab et al., 2022)。本大会では、動物の caspase 1 のホモログとされている VPE の関与の可能性について、現在までに得られている結果を報告する。

P-038

モデル単細胞紅藻イデユコゴメ類における遺伝子発現誘導系の開発

藤原崇之¹, 廣岡俊亮¹, 山下翔大¹, 八木沢芙美², 宮城島進也¹¹遺伝研・遺伝形質, ²琉球大・研究基盤

単細胞藻類は、ゲノムや細胞構造が単純で、均一な細胞集団を調整しやすいことから、光合成真核生物の研究において有望な生物群である。しかしながら、ゲノム改変技術を基盤にした実験方法の開発が遅れている。本発表では、新たに開発した遺伝子発現誘導系について紹介する。この手法は、以前開発してきた熱ショックや窒素飢餓応答を利用した誘導系と比較して、細胞への影響を最小限に抑えつつ対象遺伝子の発現を誘導し、さらにその発現量を制御することが可能である。また、この系を応用して誘導的タンパク質ノックダウン法も開発した。この技術は、生存に必須な遺伝子の機能解析を容易にし、より高度な実験技術と解析手法を提供する。

◎P-039

落葉時の葉の赤色化の意義について

南辻茉衣子¹, 酒井敦²¹奈良女子大・院・生物, ²奈良女子大・理・生物

植物の葉は、様々な状況下においてアントシアニンを蓄積し赤色化する。アントシアニンは色素として紫外光及び可視光を吸収するほか、酸化ストレス耐性、浸透圧調節や凍結耐性、病害耐性や食害耐性、光照射下での温度上昇など、様々な役割を果たすと推測されているが、様々な状況下における葉の赤色化において、アントシアニンのどのような機能が生物学的にであるかは明確ではない。本研究では落葉時における葉の赤色化の役割に注目し、秋季に落葉する樹木 3 種(アントシアニンを蓄積しないイチチョウ、早期から蓄積するナンキンハゼ、クロロフィル減少後半に蓄積するイロハモミジ)、および春季に紅葉しつつ落葉する樹木 1 種(クスノキ)を用いて、葉の色素含量や光学的特性と定温・光照射下での葉温との関係を検討した。その結果、秋季に赤色化しつつ落葉するイロハモミジとナンキンハゼでは、アントシアニン含量と葉温との間に正の相関がみられた。一方、秋季に落葉するクスノキでは、アントシアニン含量と葉温との相関は見られなかった。これらの結果は、秋季落葉時の紅葉は、葉温の上昇により葉内資源の分解と転流促進に役立っている可能性を示唆する。

◎P-040

雌雄異株植物ヒロハノマンテマの X 染色体は雌ずい発達に関与するのか

小林壮生¹, 畑中悠那¹, 池田美穂¹, 風間裕介^{1,2}¹福井県大・院・生物資源, ²理研・仁科センター

ヒロハノマンテマ(*Silene latifolia*)は雄花と雌花を別々の株につける雌雄異株植物であり、XY 性染色体をもつ。Y 染色体上には雌ずいの発達を抑制する性決定遺伝子 *GSFY*(*Gynoecium Suppression Function on Y*)が存在する。*GSFY*はシロイヌナズナの *CLV3* のオーソログである。一方で *CLV3* とともに花芽ではたらく *WUS* は雌ずい発達を促進するとされている。ヒロハノマンテマの *WUS* オーソログ *SIWUS1* は X 染色体上に存在するため、X 染色体は雌ずい発達促進効果をもつと考えられる。この説を検証するため、我々は X 染色体と Y 染色体を異なる比率で持つ個体を作製し、花を観察した。2 倍体の種子に 0.1% のコルヒチンを処理し 4 倍体の XXXX 個体と XXYY 個体を作製した。これらを交配した XXXY 個体は、雄花に加えて、雌ずいを持つ両性花も形成したことから、X 染色体による雌ずい発達促進効果が示唆された。

P-041

シロイヌナズナのカルシウムチャネル *Cngc2* の欠損が引き起こす花粉-雌蕊相互作用への影響

片野和馬¹, 佐藤美奈¹, 石井美咲², 永尾有紗², 鈴木伸洋²

¹立命館大学・生命科学・生命情報,

²上智大学・理工・物質生命

細胞膜に存在するカルシウムチャンネル Cyclic Nucleotide Gated Channel 2 (CNGC2) は、細胞内に Ca^{2+} を流入させることで、生育やストレス応答、病原菌への応答など、多様な反応を制御している。シロイヌナズナにおいて、*Cngc2* の欠損変異体 (*cngc2*) は生殖成長期において種子生成の低下や、花芽を形成できる期間が短いという特性をもつ。しかし、このような表現型がどのようなメカニズムで引き起こされるのかは明らかになっていない。本研究では生殖成長における *Cngc2* の欠損が花粉-雌蕊相互作用に与える影響について調査した。さらに、花粉雌蕊相互作用に影響を与えると考えられる可溶性糖の含有量や、糖輸送体遺伝子の欠損変異体を用いた生殖成長期の表現型の解析を行い、*cngc2* が糖代謝に与える影響や、糖代謝が生殖成長に与える影響を調査した。これらの結果から、*cngc2* は糖代謝の変化によって、花粉雌蕊相互作用が阻害された可能性が示唆された。

◎P-042

ヒマラヤスギ枯葉由来他感物質は ABA なのか

柳楽綾乃¹, 酒井敦²

¹奈良女子大・院・生物, ²奈良女子大・理・生物

ヒマラヤスギの枯葉には、溶脱により放出され、他植物の成長を阻害する他感物質が含まれている。「ヒマラヤスギ枯葉に含まれる他感物質はアブシシン酸 (ABA) である」との報告があった (加茂ら 2013) が、本研究室におけるサンドイッチ法を用いた実験では、ヒマラヤスギ枯葉溶脱物に ABA に特徴的な発芽阻害の効果はほとんどみられていなかった。この矛盾を解決するため種々の検討を行ったところ、①サンドイッチ法ではヒマラヤスギ枯葉由来溶脱物が拡散し、テスト植物に到達するまでに時間がかかり、発芽阻害効果を検出しにくいことが判明したが、②拡散速度の影響を排除してもなお、ヒマラヤスギ枯葉溶脱物は純粋な ABA に比べ、発芽阻害よりもその後の成長阻害に及ぼす影響が大きいことが明らかになった。また、③ヒマラヤスギ枯葉溶脱物をクロマトグラフィーにかけたところ、複数の成長阻害活性のピークが分離し、そのうちの一つは ABA と類似の移動度を持つことが判明した。以上の結果から、ヒマラヤスギ枯葉溶脱物中には ABA とそれ以外の他感物質が含まれている可能性が考えられる。現在、それぞれの活性ピークの生理活性の比較分析を行っている。

◎P-043

カラスビシャクのムカゴは本当に不定芽か?

湊亮佑, 塚谷裕一

東大・院・理

サトイモ科植物の中には、葉上に栄養繁殖器官を形成するものがある。今回使用したサトイモ科ハンゲ属カラスビシャクは、葉柄の途中と小葉の基部とにムカゴをつけ、これで繁殖する。このムカゴは葉上不定芽の一種とされていたが、詳細な研究は少なく、とくに発生学的な知見は乏しい。

そこで本研究では、このムカゴの性質の解明を目標とし、まず基礎的な形態学的解析を進めた結果、異所的な細胞増殖活性を認めた。そこで、*in situ hybridization* 法を用いて、モデル植物においてシュート頂の形成・維持機能が知られている遺伝子の発現解析を試みた。その解析の結果、カラスビシャクのムカゴは、普通の植物の不定芽とは異なる性質を有している可能性が示唆された。

◎P-044

日本産ハクサンハタザオにおける自家不和合性対立遺伝子の多様性と自家和合性の進化

須田峻¹, Mathieu Genete²,

Adrián Contreras-Garrido², 久保田渉誠³,

森長真一⁴, Xavier Vekemans², Vincent Castric²,

土松隆志¹

¹東大・理・生物, ²Univ. Lille, CNRS,

³フアスマック, ⁴帝京科学大・生命環境

多くの植物は、自家受精を防ぐ「自家不和合性」と呼ばれる仕組みをもつ。アブラナ科植物の自家不和合性は、S 遺伝子座上で連鎖する雌側特異性遺伝子 SRK と雄側特異性遺伝子 SCR によって規定され、多数の S 対立遺伝子が存在する。自家不和合性は近交弱勢を避ける利点がある一方、その機構を失い自家受精による繁殖 (自殖) を行うことは確実に子孫を残せるという利点がある。本研究では、アブラナ科植物ハクサンハタザオ日本集団において自家和合性や、自殖との関連が知られる花卉の小型化を発見し、S 遺伝子座の配列を比較解析した。本発表では、本種における S 対立遺伝子の多様性と自家和合性との関連について報告し、その進化過程の解明に向けた今後の展望を議論する。

◎P-045

Sharp Apex in Leaves Formed by Biregional Cell Division Angles

Zining Wang¹, Yasuhiro Inoue², Atsushi Mochizuki³, Hirokazu Tsukaya¹

¹Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo,

²Dept. Micro Eng., Kyoto Univ.,

³Inst. Front. Life Med. Sci., Kyoto Univ.

Leaf apex, the distal end of the leaf blade, exhibits enormous shape variations across plant species. Among these variations, the sharp apex, characterized by its pointed tip, is important in species identification and environmental adaptation. However, its morphogenesis mechanisms were unknown. This research aims to study the morphogenesis of sharp apex using *Triadica sebifera* leaves. In tissue level, we found that the sharp apex marks the maximum positive curvature, and is flanked by concave joints with negative curvatures, suggestive of spatially regulated tissue growth. In cellular level, through wet experiments and vertex model simulation, we demonstrated that biregional cell division angles are critical in shaping sharp apex. Our research highlights the importance of spatiotemporal regulation of cell division angles in leaf development, suggesting that biregional division angles contribute to diversity in leaf morphology.

P-046

二次成長開始における形成層幹細胞の確立

島津舜治^{1,2,3}, 古谷朋之¹, 小嶋美紀子⁴, 竹林裕美子⁴, 伊藤(大橋)恭子², 石崎公庸³, 朝比奈雅志^{5,6}, 榎原均^{4,7}, 深城英弘³, 福田 裕穂⁸, 近藤 侑貴^{1,3}

¹大阪大学・院・理, ²東京大学・院・理,

³神戸大学・院・理, ⁴理研・CSRS, ⁵帝京大学・理工・バイオ, ⁶帝京大学・先端機器分析センター, ⁷名古屋大学・院・生命農学, ⁸秋田県立大学

多くの双子葉植物や被子植物は、垂直方向の一次成長に続き、水平方向の二次成長に進行する。一次成長で発生した前形成層細胞は、二次成長の原動力となる形成層幹細胞を含む、二次的な維管束組織の創始細胞として機能する。複数の制御因子を共有することを踏まえ、前形成層細胞と形成層幹細胞は類似の性質を保持することが推測されてきた。しかし、*in vivo* に加え維管束組織の分化誘導系 VISUAL を用い、両細胞種の比較解析を実施したところ、前形成層細胞は篩部細胞への分化能のみを持ち、二次成長開始直前にサイトカニン応答の上昇を経験することで、多能性を有する形成層幹細胞へ転換することが分かった。原動力となる幹細胞の確立が、二次成長の開始点となると考えられる。

◎P-047

ウリクサ *Torenia crustacea* の集団間交雑時に見られる受精直前生殖障壁の解析

八廣遥斗¹, 奥田哲弘¹, 白澤健太², 東山哲也¹

¹東大・院・理, ²かずさ DNA 研究所

被子植物の受粉から受精に至る一連の生殖過程は、めしべと花粉との連続的な分子相互作用によって制御されている。この雌雄間の相互作用は一部の生殖過程において、他種の花粉を選択的に排除する生殖障壁として働くことが報告されており、被子植物の種分化に重要な役割を担っている可能性がある(Wang & Filatov, 2023)。しかし、まさに種分化の最中にあるごく近縁な系統間では、生殖障壁は全く報告されてこなかった。

今回、種分化に寄与する生殖障壁の分子生理基盤を解明する目的で、生殖過程の解析に優れた汎用種ウリクサ(*Torenia crustacea*)に着目し、国内集団を様々な組合せで交雑して生殖過程をイメージング解析した。さらに、各集団のゲノムワイドな SNP マーカーを取得し、集団解析を行った。その結果、本州集団と琉球集団は遺伝的分化が比較的進んだ種分化直後の関係にあり、両集団の交雑時には、花粉管が胚のうへ到達した後、精細胞が助細胞付近に停滞して受精に至らないことを明らかにした。

◎P-048

寒冷水域と温暖水域に生息する珪藻プランクトン *Thalassiosira nordenskioldii* のシトクローム c 酸化酵素サブユニット I 遺伝子 (COI) の比較

内田美重¹, 佐藤剛^{2,3}, 西本右子³, 大井崇生⁴, 谷口光隆⁴, 井上和仁^{2,5}, 内田英伸^{1,2}

¹名古屋文理大学・健康生活・フードビジネス, ²神奈川大学・総理研, ³神奈川大学・理, ⁴名古屋大学・院・生命農学・植物生産, ⁵神奈川大学・化学生命

オホーツク海に隣接するサロマ湖の海水下の生物相から単離した珪藻培養株サロマ 16 を観察したところ、有基突起と唇状突起の配置と微細形態が、*Thalassiosira nordenskioldii* に報告されたものと同じであった。この株の葉緑体ゲノムの 826bp rbcL-3P 領域配列は、同種としてデータベース登録された複数の配列と 100%一致した。サロマ 16 株のミトコンドリアゲノムのシトクローム c オキシダーゼサブユニット I 遺伝子 (COI) の 5P 領域 4305bp には、1060 bp の COI オープンリーディングフレーム (ORF) 領域、934 bp および 2311 bp のイントロン領域が含まれ、両イントロン配列内にはフレームシフトした逆転写酵素 (RTase) 様タンパク質の ORF が存在していた。これまで、東シナ海産の同種株 CNS00052 の COI-5P 領域にはイントロンが含まれず、北大西洋沿岸の同種株 CCMP992, CCMP993, CCMP997 には、2.3kb のサロマ 16 イントロンと相同性のある約 2.3kb のイントロンのみが、対応する箇所に含まれていることが報告されていた。

◎P-049

ヒメツリガネゴケが持つ 5 つの PDV2 の各遺伝子破壊による葉緑体形態・葉緑体数への影響

建貝海璃¹, 武智 克彰², Do Thi Huong³,
藤田知道⁴, 高野 博嘉²
¹熊大・院・自然科学, ²熊大・院・先端科学,
³北大・院・生命, ⁴北大・院・理

葉緑体分裂において、外包膜局在タンパク質 PDV2 は内包膜局在タンパク質 ARC6 と包膜間で相互作用することで、ストロマ中の FtZ リングと、細胞質中のダイナミン関連タンパク質 DRP リングを繋ぐと考えられている。ヒメツリガネゴケは PDV2 のパラログを 5 つ (PpPDV2-1~2-5) もつ。PDV2 内の機能分化を調べるため、各単一遺伝子破壊 (Δ) ラインと多重遺伝子破壊ラインを作成し、葉緑体形態を観察するとともに、1 細胞当りの葉緑体数を計測した。 Δ PpPDV2-2、 Δ 2-4、 Δ 2-5 の葉緑体数は野生型の約 38 個と変わらず、 Δ PpPDV2-3 では約 27 個、 Δ 2-1 では約 10 個、 Δ PpPDV2-1/2-2/2-3/2-4/2-5 では約 5 個となった。葉緑体数の減少に伴って、葉緑体の形態は徐々に巨大化した。これらの結果は、少なくともヒメツリガネゴケ原系体では PpPDV2-1 及び 2-3 が葉緑体分裂に機能していることを示唆している。

P-050

ヒメツリガネゴケ SLH 四重遺伝子破壊ラインに生じる葉緑体内小胞構造

武智克彰¹, 矢渡明花², 中窪まりん³, 永田典子⁴,
高野博嘉¹
¹熊大・院・先端科学, ²熊大・院・自然科学, ³熊大・理,
⁴日本女子大・理

ヒメツリガネゴケ葉緑体は、包膜間にペプチドグリカン層 (PG) を持つ。PG との相互作用が予測される S-layer homology (SLH) をコードする、4 つのパラログからなる SLH 遺伝子群を見いだした。SLH は N 末から、葉緑体移行配列、膜貫通領域、天然変性領域、SLH ドメイン、コイルドコイル構造を持つマルチドメインタンパク質と予測された。PpSLH4-GFP 融合タンパク質の実験結果は、SLH が葉緑体表面にドット状の局在することを示唆した。SLH 遺伝子全てを破壊した四重遺伝子破壊ラインを作成したところ、ストロマ中に小胞様の構造が出現した。電子顕微鏡連続切片で、この小胞様構造の膜と包膜との融合部位が観察されないため、この構造は基本的にはストロマ中で一重膜に包まれた小胞として存在しているらしい。

P-051

ツノゴケ胞子体の基部分裂組織の制御機構

江崎和音, 榎原恵子
立教大学・理・生命理学

コケ植物ツノゴケ類は、細長い形状の胞子体を形成する。胞子体の基部には分裂組織があり、ここから胞子や軸柱等の胞子体組織がつくられる。維管束植物の頂端分裂組織のような無限成長は示さないものの、ツノゴケ類の分裂組織は、他のコケ植物と比べて長期間維持され、その機構は未解明である。

他の植物で胞子体発生を制御する因子として知られる *BELL* 遺伝子および *KNOX2* 遺伝子は、ツノゴケゲノムに 1 つずつ存在する。これらの遺伝子の過剰発現体では、胞子体の長さが短くなり、胞子体の表皮組織の一部が細胞塊を形成した。その他、配偶体組織での生殖器官の表現型解析も踏まえて、ツノゴケでの *BELL* 遺伝子と *KNOX2* 遺伝子の機能について議論する。

P-052

単細胞紅藻シゾンの細胞分裂時におけるタンパク質合成動態の大規模変化

茂木祐子¹, 松尾芳隆², 近藤唯貴¹, 東山哲也¹,
稲田利文^{1,2}, 吉田大和¹
¹東京大・理・生物, ²東京大・医科研

細胞増殖は生物の基本的な特性であり、複数タンパク質による全体的な機能によって駆動される。しかし単純な真核生物においてさえ、数千の遺伝子と数百万に及ぶそれらの遺伝子産物が細胞増殖において果たす機能の全貌は未だ完全には理解できていない。本研究では、細胞分裂期の単細胞紅藻におけるプロテオームマップをリボソーム保護メッセンジャーRNA断片に基づいて示した。細胞分裂時における大規模なタンパク質翻訳の質的・量的変化が明らかとなり、細胞増殖に関与するタンパク質群の同定に成功した。同遺伝子群のさらなる解析により、細胞およびオルガネラの増殖メカニズムに関する重要かつ広範な知見が得られると予想される (Mogi, Matsuo et al., submitted)。

◎P-053

γ線照射がシュート再生能力に及ぼす影響の分子メカニズム解析

上杉日奈保¹, 橋正隆平¹, 湯本絵美², 朝比奈雅志², 坂本卓也³, 佐藤輝¹, 松永幸大¹

¹東京大学・院・先端生命科学専攻,

²帝京大学・理工・バイオサイエンス学科,

³神奈川大学・理学・理学科

植物は高い再性能を持ち、植物ホルモンの外的投与によってカルスを誘導し、さらにシュートの再生を誘導できる。これまでにカルス誘導の過程において DNA 損傷が蓄積する現象が知られている。我々は近年、カルス誘導前において DNA 損傷を引き起こす γ線を照射すると、カルス形成とシュート再生を促進することを見出した。また RNA-seq 解析と表現型解析によって、これには ABA 経路の因子が寄与していることが示唆された。本研究では γ線照射によるシュート再生効率向上過程で ABA が果たす役割を解明することを目的とした。カルス誘導期間やシュート再生期間において ABA 処理がシュート再生効率に与える影響を検討していく。

P-054

連続薄切片を用いた 3D オブジェクト構築による形態解析

仁木輝緒, 幹康, 斉藤進
(同)ミキ音響

3D イメージ像の作成は、組織・細胞の形態解析に有用である。3次元像の構築には、連続薄切片、クリアーな画像データが必要で、この目的に叶う切片作成法と3次元の像構築の手法を紹介する。

テクノビット樹脂切片、酵素処理を経た画像は、画像処理ソフト ImageJ, GIMP を用い、デジタル情報に変換し、目的とする組織・細胞群に任意の着色を行う。次いで、画像の位置合わせを行なう。

ImageJ の「Volume Viewer」, 「3D Viewer」による像、アニメーション像、GIMP のマスク手法は、組織・細胞の起源・形成・繋がり観察・解析を可能にする。

本研究法は高価な研究資材・装置を求めることなく、安価で簡便に構造解析が行える手法である。

P-055

「お手軽形態観察法」の連載：農学系学会での植物形態観察の普及活動の紹介

大井崇生¹, 加藤優太²

¹高知工科大学・理工, ²京都大学・院・農

近年、植物の解析技術は各段に向上しており、ゲノムやトランスクリプトーム、メタボロームなどのオミクス解析が以前よりも取り組み易くなり、盛んに行われてきている。形態解析も高度化が進み、技術や装置としては進歩しているが、農学系では他の解析に押されて顕微鏡観察を基盤とした研究は減少していると言わざるを得ない。演者らが所属する農学系の日本作物学会は 100 年近くもの歴史があり、かつてはイネ、ムギ、トウモロコシはじめ多種多様な作物の様々な部位の構造や発生様式などの研究が盛んに発表されていたが、近年、形態部門は絶滅の危機に瀕しており、技術的な知見の情報交換も滞っている。演者らは専門の異なる作物研究者や学生たちに形態観察を研究に取り入れてもらうことを目指し、手軽さを重視した技術解説を学会誌で連載している。迅速・簡便・多量に顕微鏡画像を収集することで、形態情報のオミクス解析であるアナトミクスの実現にも通じるものであり、植物形態学会の専門家の皆様からの意見を頂きたく、他学会ではあるがその活動を紹介したい。