

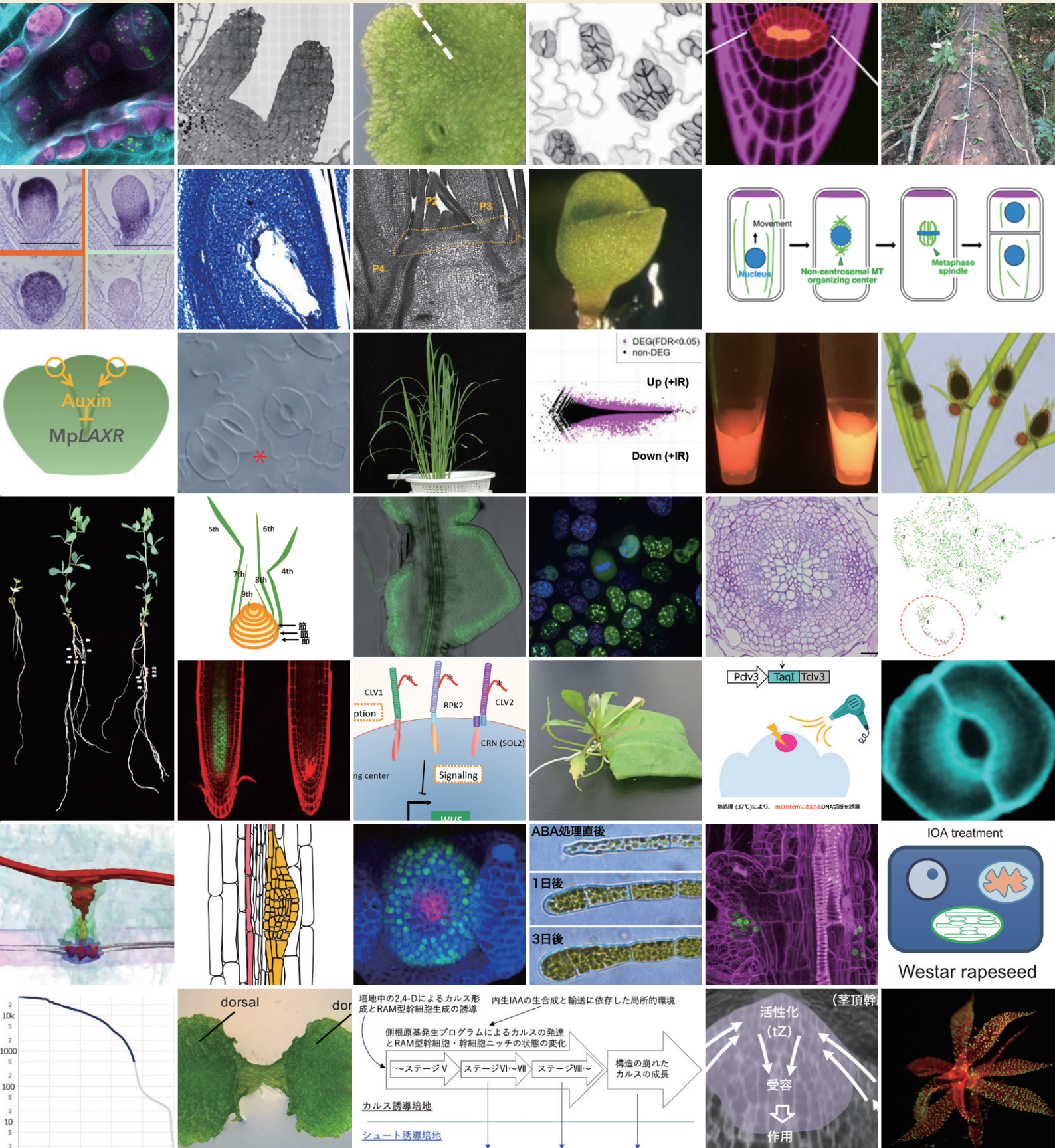
PSC

NEWS LETTER Plant Stem Cells

最終号

2022

October



• DEG (FDR < 0.05)
 • non-DEG
 Up (+IR)
 Down (+IR)

Pclv3 → Taql Tciv3
 熱処理 (37°C) により、meristem における DNA 切断を誘導

CLV1
 CLV2
 RPK2
 CRN (SOL2)
 Signaling
 WUS

ABA 処理直後
 1日後
 3日後

IOA treatment
 Westar rapeseed

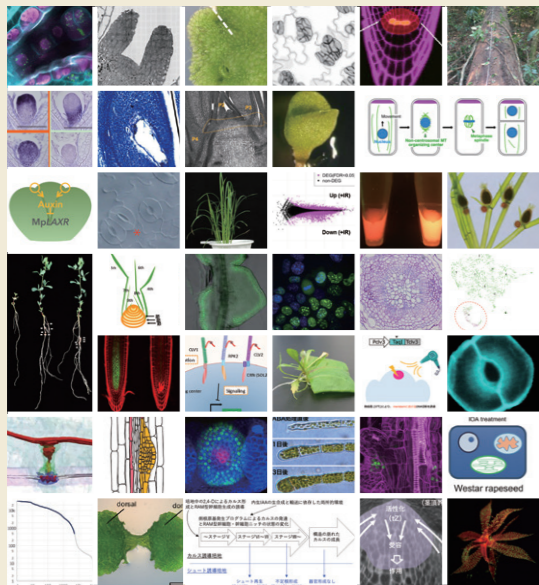
培地中の 2,4-D によるカルス形成と RAM 型幹細胞生成の誘導
 側根原基発生プログラムによるカルスの発達と RAM 型幹細胞・幹細胞ニッチの状態の変化
 内生 IAA の生合成と輸送に依存した局所的環境
 ~ステージ V → ステージ VI~VII → ステージ VIII~
 構造の崩れたカルスの成長
 カルス誘導培地
 シュート誘導培地

活性化 (tZ)
 受容
 作用
 (莖頂幹)

PSC

NEWS LETTER Plant Stem Cells

2022 October 最終号



Contents

● 巻頭言	01
● 研究組織	03
● 研究成果の紹介	
A01: 計画研究班	05
A02: 計画研究班	09
A01: 公募研究班	13
A02: 公募研究班	18
● 活動成果	
植物幹細胞電顕アトラスの構築	25
植物シングルセル解析とはじめ	26
招待論文・特集号	27
● PSC フロントライン	29
● 受賞紹介	33
● 動物幹細胞研究者との交流	
動物パートナー研究者リスト	35
合同シンポジウム&ワークショップ	36
● 領域の活動	
全領域活動	41
共同研究論文	43
サイトビジット報告	45
● コロナ禍における若手の交流促進に関する活動	46
● 領域の活動	
国際活動	47
グループミーティング・アウトリーチ活動	49
● 奥付	裏表紙

Foreword 巻頭言

2020年にコロナ渦が始まってから2年半が経ちました。私達の新学術領域では、4~5年目の活動がコロナ渦に見舞われました。新型コロナウイルス感染症があったからこそ会議のデジタル化が進み、人間の考え方も進化したという見方もありますが、新学術領域のようなグループ研究で対面で活動できないデメリットはやはり大きなものがありました。例えば、若手研究者との交流を密にできなかったことが挙げられます。これは私達班員にとって残念ただけでなく、学生や研究員、若手の教員にとっても世代を超えた交流の機会が減り、大きなマイナスになったと感じています。また、本領域では領域代表者が各グループを訪問して、研究に携わっている学生やスタッフも交えて研究打合せをする「サイトビジット」を行ってきましたが、これも後半2年間はすべてオンラインで行いました。もちろん、日本各地まで足を運ばないで済むというメリットはあったのですが、アイデアが出にくい、議論が深まらない、若手が話しにくい、などのデメリットも大きかったように思います。ですので、私の中ではやり残したことがたくさんあるような感覚が未だ残っており、何かもう一歩進めることができたのでは、という思いもあります。

本領域では発足当初から、動物の幹細胞研究者との連携を強化するための様々な試みを行ってきました。例えば、動植物混合の幹細胞研究会や国際シンポジウムの開催、学会ワークショップ・シンポジウムの動植物混合企画、動物分野のパートナー研究者を交えたグループミーティングなどです。数えてみると、5年間で70名もの動物研究者と意見交換をする機会に恵まれました。始めのうちは、同じ専門用語でも動植物研究者間で異なる認識をもっているために議論が噛み合わないケースもありましたが、認識の違いを理解した上で議論すれば意外なところで共通性が見えてくるなど、新たな発見も数多くありました。これは分野間交流の機会を繰り返し作ることで初めて実現したことなので、新学術領域ならではの成果だったと考えています。一方、本領域の研究活動に参加した

若手研究者のうち、45%が女性でした。また、研究職を得た若手研究者の35%を女性が占めました。研究代表者・分担者として参画した10名の女性研究者の影響も大きかったと思いますが、このような女性の活躍は植物科学分野がリードしていける部分であると実感しました。

さて、本領域は採択時の審査結果の所見として、「領域全体を突き動かすような作業仮説・モデルを提起すること」という課題を頂きました。そこで、最初の1~2年間は計画班員を中心に、どのような作業仮説が植物幹細胞の本質的な理解につながるのかを集中的に議論しました。そして、植物ホルモンのオーキシシンと幹細胞性との関連性にフォーカスして、課題解決に向けて領域全体で取り組むことを決めました。これに関する研究成果の詳細は、まだ論文発表していないものもあるのであまり詳しくご紹介できませんが、簡単に言えば「オーキシシンレベルの低下が幹細胞の新生・維持に働く」といった内容です。オーキシシンは古くから脱分化や細胞分裂に必要なホルモンとして知られているので、この仮説は意外に聞こえるかもしれませんが、逆に言えば、だからこそこれまで見逃されてきた重要な部分ではないかと考えています。本領域メンバーがこの課題に取り組む中で、仮説に合う例も合わない例もどちらも見つかってきましたが、これは体細胞の初期化から幹細胞新生、ニッチ形成、分裂組織形成までを時間軸に沿って丁寧に並べて整理すれば、いずれ統合的に理解できるものと考えています。いずれにしても、このような挑戦的な作業仮説を掲げて新たな概念の創出にまで辿り着くことができたのは、領域採択時の審査で頂いたコメントが発端ですので、大変感謝しています。

コロナ渦に見舞われながらも、動物研究者との連携では一定の成果が得られ、女性研究者の活躍も目立ちました。また、領域全体のテーマを明確にして一丸となって取り組むことで、異分野融合も進みました。このように多くの成果を挙げる事ができたの

は、領域の班員、各研究グループの構成員、評価・助言委員の先生方が同じ方向を見て、常に手を繋ぎながら進んで下さったからです。また、領域活動を支えて下さった国内外の多くの研究者の方々にも、この場を借りて厚く御礼申し上げます。本領域は、幹細胞を通して植物の生命力のたくましさを理解することを目標としました。その目標に向けてすべきことは、まだ様々な次元でたくさんありますので、今後も本領域でタッグを組んだ仲間が引き続き手を繋ぎながら進むことで、より多くの人々が植物の生命力を感じ、その本質を理解できるようになることを願ってやみません。植物の研究は宝の山ですので、次世代を担う若者が果敢に挑戦を続けてくれることを大いに期待しています。

2022年10月

新学術領域研究
植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理
領域代表

梅田 正明

奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科 教授



指揮者カール・ベーム氏のサイン入り写真を領域メンバーからもらって喜ぶ梅田領域代表

研究組織

Research Organization

評価・助言委員

福田 裕穂	京都先端科学大学バイオ環境学部	学部長
町田 泰則	名古屋大学大学院理学研究科	名誉教授
中島 欽一	九州大学大学院医学研究院	教授
David Jackson	コールドスプリングハーバー研究所	教授

総括班

研究代表者	梅田 正明	奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	教授
研究分担者	林 誠	理化学研究所環境資源科学研究センター	チームリーダー
研究分担者	榊原 均	名古屋大学大学院生命農学研究科	教授
研究分担者	山口 信次郎	京都大学化学研究所	教授
研究分担者	鳥居 啓子	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所	客員教授
研究分担者	五島 剛太	名古屋大学大学院理学研究科	教授
研究分担者	経塚 淳子	東北大学大学院生命科学研究科	教授
研究分担者	佐竹 暁子	九州大学大学院理学研究院	教授
研究分担者	養田 亜希子	理化学研究所生命医科学研究センター	チームリーダー
研究分担者	豊岡 公徳	理化学研究所環境資源科学研究センター	上級技師

A01：計画研究班

植物幹細胞の新生・維持に必要な非対称分裂機構の解明

研究代表者	五島 剛太	名古屋大学大学院理学研究科	教授
研究分担者	佐藤 豊	国立遺伝学研究所	教授

リプログラミングによる植物幹細胞の新生機構の解明

研究代表者	林 誠	理化学研究所環境資源科学研究センター	チームリーダー
研究分担者	石崎 公庸	神戸大学大学院理学研究科	教授

幹細胞増殖を制御する植物ホルモンの機能解明

研究代表者	榊原 均	名古屋大学大学院生命農学研究科	教授
研究分担者 (令和2年度まで)	芦苺 基行	名古屋大学生物機能開発利用研究センター	教授
研究協力者	木羽 隆敏	名古屋大学大学院生命農学研究科	准教授

幹細胞新生のタイミングを制御する分子機構の解明

研究代表者	山口 信次郎	京都大学化学研究所	教授
研究協力者	桧原 健一郎	吉備国際大学農学部	准教授
研究協力者	増口 潔	京都大学化学研究所	助教

A02：計画研究班

植物幹細胞の多能性を維持するメカニズムの解明

研究代表者	経塚 淳子	東北大学大学院生命科学研究科	教授
研究分担者	豊岡 公徳	理化学研究所環境資源科学研究センター	上級技師

植物幹細胞の一過性と永続性を制御する分子メカニズムの解明

研究代表者	鳥居 啓子	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所	客員教授
研究分担者	近藤 侑貴	神戸大学大学院理学研究科	准教授
研究協力者 (令和2年度まで)	打田 直行	名古屋大学遺伝子実験施設	教授
研究協力者	萩原 伸也	理化学研究所環境資源科学研究センター	チームリーダー

多能性幹細胞の維持・再生機構の解明

研究代表者	梅田 正明	奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	教授
研究分担者	坪内 知美	基礎生物学研究所	准教授
研究分担者	養田 亜希子	理化学研究所生命医科学研究センター	チームリーダー

長寿命樹木にみられる幹細胞ゲノムの多様性分析

研究代表者	佐竹 暁子	九州大学大学院理学研究院	教授
研究分担者	陶山 佳久	東北大学大学院農学研究科	教授
研究分担者	谷 尚樹	国際農林水産業研究センター	主任研究員
研究協力者	日浦 勉	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授
研究協力者	手島 康介	九州大学大学院理学研究院	教授

A01：公募研究班 (H30-H31/R1年度)

研究代表者	杉山 宗隆	東京大学大学院理学系研究科	教授
研究代表者	伊藤 正樹	金沢大学理工研究域	教授
研究代表者	嶋田 知生	京都大学大学院理学研究科	講師
研究代表者	西浜 竜一	東京理科大学理工学部	教授
研究代表者	榊原 恵子	立教大学理学部	准教授
研究代表者	石川 雅樹	基礎生物学研究所	助教
研究代表者	岩瀬 哲	理化学研究所環境資源科学研究センター	上級研究員
研究代表者	吉田 聡子	奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	教授

A02：公募研究班 (H30-H31/R1年度)

研究代表者	藤田 知道	北海道大学大学院理学研究院	教授
研究代表者	有村 慎一	東京大学大学院農学生命科学研究科	准教授
研究代表者	北口 哲也	東京工業大学科学技術創成研究院	准教授
研究代表者	武内 秀憲	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所	特任助教
研究代表者	柿本 辰男	大阪大学大学院理学研究科	教授
研究代表者	伊藤 寿朗	奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	教授
研究代表者	相田 光宏	熊本大学国際先端科学技術研究機構	教授
研究代表者	木村 成介	京都産業大学総合生命科学部	教授
研究代表者	津田 勝利	国立遺伝学研究所	助教
研究代表者	遠藤 真咲	農業・食品産業技術総合研究機構	上級研究員
研究代表者 (平成30年度)	澤 進一郎	熊本大学先端科学研究部	教授

A01：公募研究班 (R2-R3年度)

研究代表者	杉山 宗隆	東京大学大学院理学系研究科	教授
研究代表者	田中 若奈	広島大学大学院統合生命科学研究科	助教
研究代表者	打田 直行	名古屋大学遺伝子実験施設	教授
研究代表者	西浜 竜一	東京理科大学理工学部	教授
研究代表者	相田 光宏	熊本大学国際先端科学技術研究機構	教授
研究代表者	石川 雅樹	基礎生物学研究所	助教
研究代表者	岩瀬 哲	理化学研究所環境資源科学研究センター	上級研究員
研究代表者	池内 桃子	奈良先端科学技術大学院大学	特任准教授

A02：公募研究班 (R2-R3年度)

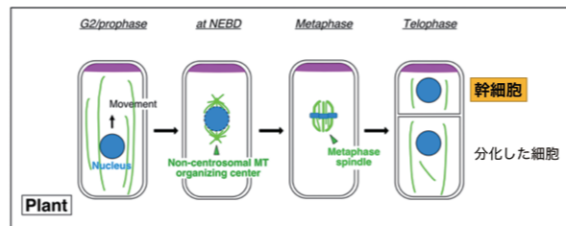
研究代表者	藤田 知道	北海道大学大学院理学研究院	教授
研究代表者	柴田 淳史	群馬大学未来先端研究機構	准教授
研究代表者	下遠野 明恵	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所	特任講師
研究代表者	柿本 辰男	大阪大学大学院理学研究科	教授
研究代表者	伊藤 寿朗	奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科	教授
研究代表者	津田 勝利	国立遺伝学研究所	助教

植物幹細胞の新生・維持に必要な非対称分裂機構の解明

研究代表者
五島 剛太
名古屋大学大学院
理学研究科
教授



幹細胞の新生と維持にはしばしば「非対称分裂」(=2つの娘細胞が異なる性質を呈するような細胞分裂様式)を伴います。私たちのグループは、主にヒメツリガネゴケ幹細胞をモデル系として用いて、イメージングや遺伝子編集技術に改良を加えながら、非対称分裂の一連の過程、すなわち「細胞極性の確立・分裂・分化と維持」機構の一部を解明しました。(1) 分裂期に先立ち、微小管とGTPase ROPの働きにより細胞の極性が確立する。(2) 将来の分裂面の近い位置に核が微小管依存的に移動する。(3) 微小管形成中心が核膜近傍に1つないし2つ形成され、紡錘体微小管生成の拠点となる。(4) 紡錘体は微小管形成中心を極とするような方向に形成される。(5) 紡錘体はアクチンにより力をかけられているが、通常は微小管による拮抗する力のおかげで、形成された位置で維持される。(6) フラグモプラスト、細胞板は紡錘体の位置・配向に合わせて形成され、拡張する。研究が被子植物を用いたものへと発展し、想定以上の成果が得られたことは、本領域による長期に渡る継続的な支援、特に、領域内外の(国際)共同研究の支援のおかげです。領域に参画できたことを心から感謝しています。今後は、進化生物学的視点も取り入れながら幹細胞学に取り組みたいと思っています。

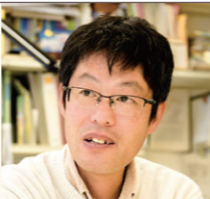


1. 細胞の極性化
 2. 核の移動
 3. 微小管形成中心の形成
 4. 紡錘体の移動
1. Yi & Goshima, Curr Biol. 2020
Yoshida et al. bioRxiv. 2022
2. Yamada et al., J Cell Biol. 2017
Yamada & Goshima, Plant Cell. 2018
Yoshida et al. Cell Struct Funct. 2019
Leong et al. Plant Cell. 2020
Yoshida et al. bioRxiv. 2022
3. Kosetsu et al. PNAS. 2017
Oguri, Yoshida et al. 未発表
4. Kozgunova et al. Nat Commun. 2022

図：幹細胞の新生や維持に重要な非対称分裂の仕組み。
本領域での研究成果により、細胞極性化から紡錘体の移動に至るステップの分子機構を明らかにしました。

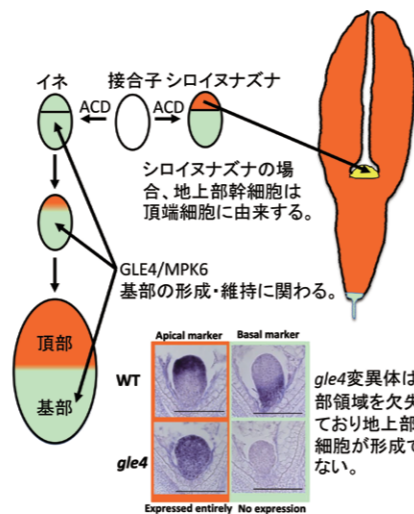
植物幹細胞の新生・維持に必要な非対称分裂機構の解明

研究分担者
佐藤 豊
国立遺伝学研究所
教授



～イネを用いた幹細胞非対称分裂機構の解明～

幹細胞の新生と維持にはしばしば「非対称分裂」(=2つの娘細胞が異なる性質を呈するような細胞分裂様式)を伴います。私たちの研究グループは、植物幹細胞の新生・維持に必要な非対称分裂機構を明らかにすることを目的に、非対称分裂に機能することが予想されるMAPキナーゼ情報伝達経路に関わる複数のイネ胚発生突然変異系統の解析を進めてきました。その結果、イネの場合、接合子非対称分裂を含む複数の細胞分裂後に頂部-基部方向が遺伝子発現で認識できるようになることが明らかになりました。イネとシロイヌナズナで、植物の成長の基本的方向性を示す頂部-基部軸の形成に違いが見られることがわかりました。多細胞生物では、器官・組織の配置や成長の方向が様々な極性情報に基づく体軸によって規定されています。多くの植物では接合子が上下に非対称に分裂することも知られています。しかしながら頂部-基部方向の体軸を作り出す非対称性の起源や接合子非対称分裂と頂部-基部軸との関係については多くのことがわかっていません。これらの未解明な点を明らかにするために今後もgle4に関連する突然変異の解析を続ける予定です。



図：イネとシロイヌナズナにおける接合子非対称分裂後の植物幹細胞形成

リプログラミングによる植物幹細胞の新生機構の解明

研究代表者
林 誠
理化学研究所
環境資源科学研究センター
チームリーダー



植物の分化細胞がリプログラミングにより幹細胞を新生する現象として、マメ科植物の根粒形成に着目しました。土壌中の根粒菌は根に感染することで、宿主の分化した皮層細胞の分裂を誘導し、根粒幹細胞を生み出します。そこで、根粒幹細胞の新生に必要な植物の遺伝子の中でも、特に転写因子に焦点を絞り、マメ科モデル植物ミヤコグサを材料に研究を進めました。その結果、根粒形成をしない植物にも広く保存されている、側根形成に必要な転写因子を利用することで、皮層細胞分裂を促進していることが明らかとなりました。この研究は、マメ科植物とその近縁のみに見られる根粒形成がどのように進化したか、という疑問に答える重要な成果となりました。

皮層細胞の分裂はごく限られた領域で誘導されることから、分裂開始に関与する遺伝子を逆遺伝学的に同定することは極めて困難であると想定されました。そこで、当時はまだ報告のなかった植物の大規模シングルセル解析を、梅田班との領域内共同研究で開始しました。試行錯誤の末、複数のプラットフォームによる解析に成功しました。

新学術領域研究では「植物幹細胞」をテーマに、様々な対象を扱う班員が一丸となって研究に取り組むことで、異なる視点から幹細胞を捉えるいい機会が得られたと感じています。特に領域内共同研究では新しい技術や情報を共有することで、研究を進展させていくため

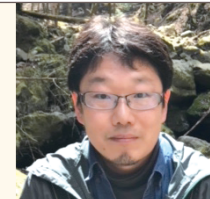
の重要な駆動力となりました。根粒形成については、例えば表皮と皮層との相互作用など、これまで明らかになっていない重要な課題が残されています。新学術領域研究で培った知見や人脈を活かして、今後の研究を進展させていきたいと考えています。



図：窒素栄養(硝酸塩)を除いた培養液で4週間栽培したミヤコグサ。左：根粒菌未接種、右：根粒菌接種。根粒菌の感染により根に根粒(矢印)が形成され、細胞内共生した根粒菌が大気窒素を固定することで、硝酸がない状態で宿主植物が生育できる。

リプログラミングによる植物幹細胞の新生機構の解明

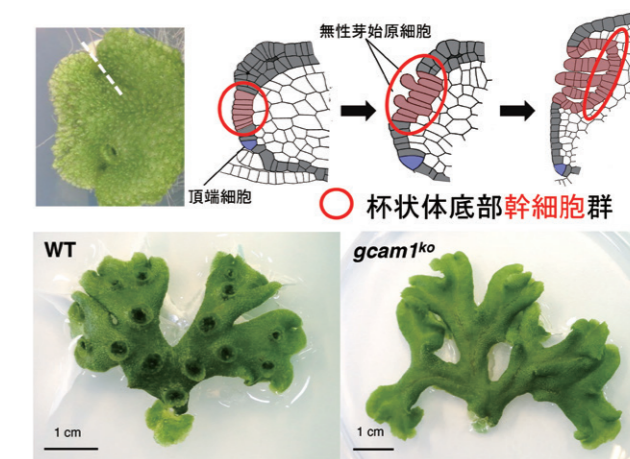
研究分担者
石崎 公庸
神戸大学大学院
理学研究科
教授



～基部陸上植物ゼニゴケにおける幹細胞新生と維持のメカニズム～

陸上植物進化の基部で分岐したコケ植物ゼニゴケは、栄養成長期に杯状体という器官を形成し、内部に100個以上の独立したクローン繁殖子(無性芽)を形成することで無性的に増殖します。杯状体は植物体の表皮細胞から形成され、その底部細胞は無性芽始原細胞を生み出す幹細胞として振る舞います。我々はゼニゴケにおけるクローン繁殖子発生をモデルに、分化した表皮細胞から幹細胞が新たに創られる仕組みの解明に挑戦しました。まず杯状体底部幹細胞群の形成に必須の役割をもつ転写因子GCAM1の機能解析を推進し、GCAM1下流の遺伝子制御ネットワークの一端を明らかにしました。杯状体はゼニゴケ属に特異的な器官ですが、ゼニゴケGCAM1は被子植物GCAM1 オーソログの機能欠損変異体における腋芽形成不全を部分的に相補しました。この結果は、共通祖先から分岐して4億年以上経過するコケ植物と被子植物に保存された幹細胞増殖の共通制御機構が存在することを示唆しています。領域内の梅田班や経塚班との共同研究からGCAM1の発現変動に関わる内的因子や環境因子が明らかになりつつあります。GCAM1以外にも杯状体や無性芽の発生に関わる複数の因子を同定しており、その機能解析が進行中です。この新学術領域研究により、以前はほぼ皆無であった

コケ植物の幹細胞制御に関する理解が大きく進展しました。領域代表の梅田先生を始めとして本新学術領域研究に関わられた全ての方々へ深く感謝申し上げます。

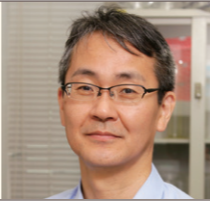


図：ゼニゴケの杯状体発生とGCAM1機能欠損変異体の表現型

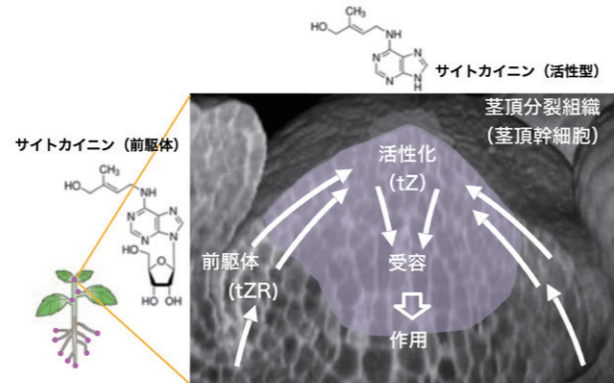
幹細胞増殖を制御する植物ホルモンの機能解明

～茎頂幹細胞の分裂活性維持のための
サイトカイニン作用調節メカニズム～

研究代表者
榊原 均
名古屋大学大学院
生命農学研究科
教授



本新学術領域研究では、陸上バイオマスの根幹ともいえる茎頂幹細胞の分裂と維持のために、サイトカイニンの生合成と輸送機構がどのように組織・調節されているのかについて分子レベルで理解することを目指しました。これまでサイトカイニンは茎頂分裂組織の維持に必要であることは分かっていたが、本領域研究により、サイトカイニンの前駆体を含めた輸送や合成、そしてそれを受容する場の空間的な配置が重要であることが明らかになりました。つまり、ぼんやりと見えていた茎頂幹細胞とサイトカイニン作用機構の空間的な関係が、この5年間でかなりはっきり見えてきたと思います。ただそれにより、また新たな疑問も浮かび上がり、今後はオーキシンとの相互制御機構も含め、さらに高解像度での理解が必要だと感じています。領域内の班員の皆さんから有用なプロモーターレポーターラインをいただいたり、グループミーティングや領域代表のサイトビジットでの議論が意外な発想に結びついたり、本領域研究のメリットを存分に享受させていただきましました。また、当研究室の若手研究者や大学院生も（そして私自身も！）若手ワークショップなどでの議論に参加することで、多くの刺激を受けることができました。本当にありがとうございました。



図：茎頂分裂組織におけるサイトカイニン生合成と輸送、受容の空間的配置
実線矢印はサイトカイニン前駆体と活性化型の流れを示す。生合成（活性化）と受容の場の空間的配置が茎頂幹細胞の維持に重要である。

幹細胞新生のタイミングを制御する 分子機構の解明

研究代表者
山口 信次郎
京都大学
化学研究所
教授



本研究では、茎頂メリステムで腋芽幹細胞を生成する時間的間隔が短いイネの *pla1* やシロイヌナズナの *klu* 変異体に着目し、幹細胞新生のタイミングの制御機構の解明を目指しました。PLA1やKLUは機能未知のシトクロムP450酸化酵素です。植物ホルモンの生化学的研究を専門とする筆者としては、何となくPLA1やKLUの酵素機能を明らかにしたいと考え、試行錯誤を繰り返しました。未知物質の探索・同定という点で本研究は非常に難しく、酵素機能の解明という華々しい成果を得るには至りませんでした。PLA1/KLU由来のシグナルと既知の植物ホルモンとの関係が明らかになるなど、一定の成果を得ることができました。一方、腋芽幹細胞の活性調節に関わると考えられる「ストリゴラクトン」については、その生合成や受容機構についてオリジナリティの高い成果を得ることができたと考えています。本領域には素晴らしいメンバーが揃っており、参加する機会をいただくことができ幸せでした。梅田領域代表をはじめとする班員の方々には心から感謝しております。本領域に参加するまで、恥ずかしながら「幹細胞」を意識することは正直少なかったです。しかし、いくつかの植物ホルモンは幹細胞に大きな影響を及ぼすことが分かり、今後は本領域の卒業生として「幹細胞」を意識した研究を行っていきたく考えています。



ストリゴラクトンが欠損し、腋芽幹細胞が常に活性化されたイネ（右）と野生型（左）

幹細胞増殖を制御する 植物ホルモンの機能解明

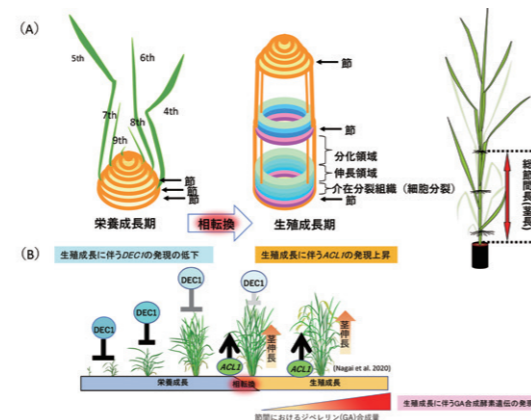
～節間伸長を制御する介在分裂組織の分子メカニズム～

研究分担者(令和2年度まで)
芦苜 基行
名古屋大学
生物機能開発利用研究センター
教授



私達のグループではイネ（イネ科植物）を供試材料に茎伸長の分子機構を明らかにすることを目的に研究を進めました。イネ科植物の茎は節と節間（節と節に挟まれた領域）の構造が明瞭です（図A）。イネ科植物の茎伸長は節間に存在する介在分裂組織（分化の進んだ組織や器官において、部分的に残された細胞分裂できる細胞群）と呼ばれる領域で行われる細胞分裂と、その後の細胞伸長が活発になることで起こります。一般的なイネでは栄養成長期に節間の介在分裂組織は活性化されず茎は伸長しませんが、生殖成長期に移行すると介在分裂組織が活性化し節間が伸長することで茎伸長が起こります（図A）。しかし、これまで、節間の介在分裂組織の活性化機能は不明でした。私達は、本研究課題で介在分裂組織の活性化制御に関わる2つの遺伝子を見いだしました。1つは *DEC1* (*DECELERATOR OF INTERNODE ELONGATION1*) と呼ばれる遺伝子で、栄養成長期には介在分裂組織の活性化を抑制しています（図B）。しかし、生殖成長期になるとこの遺伝子の発現が低下し抑制が解除されることで介在分裂組織の活性化が始まります（図B）。2つ目の遺伝子は *ACL1* (*ACCELERATOR OF INTERNODE ELONGATION1 LIKE1*) と呼ばれる遺伝子で、介在分裂組織の活性化を担っていますが、栄養成長期ではこの遺伝子は発現しておらず、生殖成長期に遺伝子発現が起こり、介在分裂組織を活性化します

（図B）。このとき植物ホルモンのGAが存在することで茎伸長が起こる仕組みを明らかにしました。本新学術領域研究に参画して、共同研究や多くの助言を頂きイネ化植物の茎伸長に関わる介在分裂組織の活性化機構の一端が明らかになりました。大変感謝申し上げます。今後は、*DEC1*や*ACL1*が関わる介在分裂組織の活性化の分子機構の詳細を明らかにしていきたいと思ひます。



図A: イネの茎伸長の概略

図B: DEC1とACL1によるイネの茎伸長を制御機構

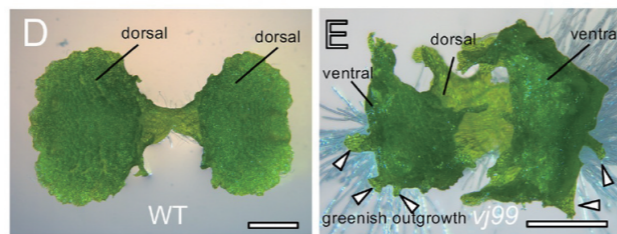
植物幹細胞の多能性を維持するメカニズムの解明

研究代表者
経塚 淳子
 東北大学大学院
 生命科学研究所
 教授



花序で新生した幹細胞は、無限成長性のメリステムとなり枝分かれを続けるか、花芽となって幹細胞の多能性を終わらせませす。この運命決定の繰り返しが花序の形をきめます。イネの転写因子ABERRANT PANICLE ORGANIZATION2 (APO2) とTAWAWA1 (TAW1) は、花芽運命の決定を遅らせ枝分かれを継続させます。APO2は、さらに、生殖成長への転換時のメリステムサイズを増大させ、抱葉の成長を抑制するのですが、この多面的な機能が共通の遺伝子セットの直接制御によることを明らかにしました。TAW1は花メリステム決定遺伝子のFRIZZY PANICLEを抑制し、カルスからの再分化に必須のENHANCER OF SHOOT REGENERATION1 (ESR1) のオーソログNARROW AND DWARF LEAF1 (NDL1) を促進することを示しました。領域内共同研究により、NDL1はメリステムの維持と葉身分化に必須であることも明らかにしました。ゼニゴケのTAW1オーソログLATERAL ORGAN SUPPRESSION1 (LOS1) は副鱗片(痕跡的な葉状器官)で発現します。LOS1の機能を失うと副鱗片が過剰に成長し、頂端幹細胞が維持されないことから、LOS1が葉の発生の制御を介して間接的に多能性幹細胞の維持に関わることが明らかになりました。

ヒメツリガネゴケTAW1は茎葉体の幹細胞以外の細胞に存在し、細胞自律的に器官の分化運命を決定し、細胞非自律的な経路を介して頂端幹細胞の機能を維持することが示唆されました。このように新学術領域での研究により、幹細胞の未分化性の維持と器官分化のバランス制御が幹細胞の多能性の決定に重要であるという今後につながる新規なアイデアを得ることができました。



図：ゼニゴケLOS1の機能。
 左：野生型ゼニゴケ葉状体。右：los機能欠損変異体葉状体。副鱗片が過剰に分化し成長している(欠頭)。(Naramoto et al., 2019)

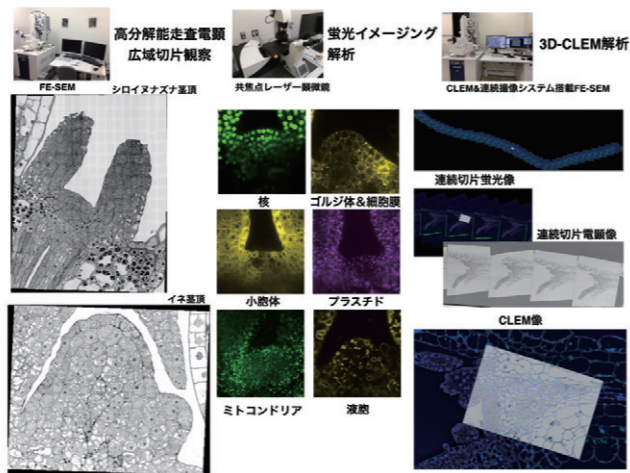
植物幹細胞の多能性を維持するメカニズムの解明

～最先端顕微鏡技術を駆使して幹細胞系譜を捉える～

研究分担者
豊岡 公徳
 理化学研究所
 環境資源科学研究センター
 上級技師



高分解能走査電子顕微鏡(FE-SEM)を用いた樹脂切片撮像法の技術開発を行い、シロイヌナズナ茎頂と根端、イネ茎頂の広域電顕像を取得し、一部の電顕像をウェブ公開しました。連続切片自動撮像システム搭載FE-SEMの撮像条件の検討を行い、根端の広域連続切片を撮像し、幹細胞と周辺細胞系譜の3次元超微形態像を得ました。光-電子相関顕微鏡法(CLEM)の改良及び応用を進め、植物試料に適した解析手法、高圧凍結法や連続切片法と組み合わせた解析法など開発しました。幹細胞をCLEMで特定するまでは至りませんでしたが、あと数年で可能になると確信しています。この領域が始まるまで、幹細胞を意識して観察することはありませんでしたが、この領域に参画して、電顕像を視る時はどの細胞が幹細胞なのか考えながら眺めるようになりました。この領域に参画した研究者は転写制御や植物ホルモンを専門とした方が多かったため、当方の顕微鏡技術を組み合わせることで、インパクトある研究成果が出せました。これまでは光顕と電顕を組み合わせたCLEMを行っていましたが、次のステップとして、空間トランスクリプトームや空間メタバローム、空間ホルモノーム等を組み合わせたマルチモーダルなCLEM解析が重要であり、技術開発を進めています。本領域研究に参画させて頂き、感謝申し上げます。



(左) FE-SEMにより撮像したシロイヌナズナおよびイネ茎頂の広域切片電顕像。(中央) 共焦点レーザー顕微鏡で撮像した各オルガネラの蛍光像。(右) 共焦点レーザー顕微鏡で撮像したシロイヌナズナ茎頂の蛍光標識オルガネラの連続切片広域像と、FE-SEMにより撮像した連続切片電顕像および重ね合わせたCLEM像。

植物幹細胞の一過性と永続性を制御する分子メカニズムの解明

研究代表者
鳥居 啓子
 名古屋大学
 トランスフォーマティブ生命分子
 研究所 客員教授

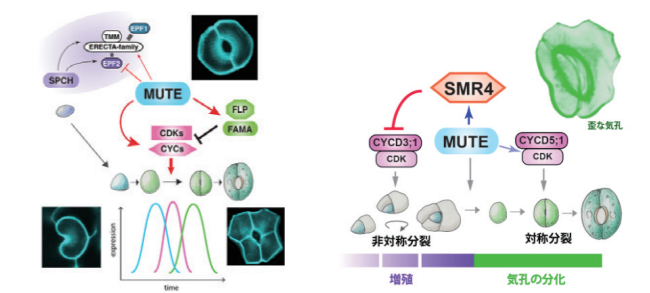


植物には、恒久的幹細胞以外にも、特定の細胞タイプを生み出す一過性幹細胞も存在します。例えば、光合成や呼吸のためのガス交換と蒸散を担う気孔は、一過性幹細胞であるメリステモイド細胞から分化します。気孔は、陸上植物の生育と生存に必須であり、また、作物の水利用効率にも関わる重要な細胞装置です。本新学術研究では、主に一過性幹細胞が終焉するプロセスに着目し、その分子メカニズムを明らかにしました。

気孔は一对の孔辺細胞が穴を囲んだ形状をしています。本新学術研究から、気孔の前駆細胞(孔辺母細胞)において対称分裂が厳密に一回だけ起こる仕組みを明らかにしました。気孔分化の司令転写因子であるMUTEによって、厳密に統合されることが解りました。

気孔系譜の幹細胞から分化状態への切り替え時に、MUTEによって直接発現誘導される細胞周期阻害因子SMR4によって、一過性幹細胞の非対称分裂が遅延し、分化状態での対称分裂へと誘う仕組みを解明しました。このSMR4を一過性幹細胞時に発現させると、非対称分裂の細胞周期が遅延し、その結果、メリステモイド細胞が肥大して、孔辺細胞と表皮細胞のハイブリッドのような気孔ができます。このことは、一過性幹細胞の細胞周期と細胞分化にズレが生ずることによって、細胞の発生運命が影響を受けてしまうことを示唆し

ています。本研究は、様々な視点から「幹細胞性」に切り込む梅田新学術研究領域内の研究者の方々、特にイメージングやエビジェネティクスの専門家とのディスカッションによって発展しました。ただし、一過性幹細胞が終焉するメカニズムは明らかにできたものの、「どうやって幹細胞性を維持しているのか」「メリステモイド細胞は幹細胞なのか？」に関してのクリアな答えは、今後チャレンジする課題として残っています。



司令因子MUTEにより対称分裂が一回だけ起こる制御ネットワーク

司令因子MUTEと細胞周期阻害因子による非対称分裂から対称分裂への切り替え

植物幹細胞の一過性と永続性を制御する分子メカニズムの解明

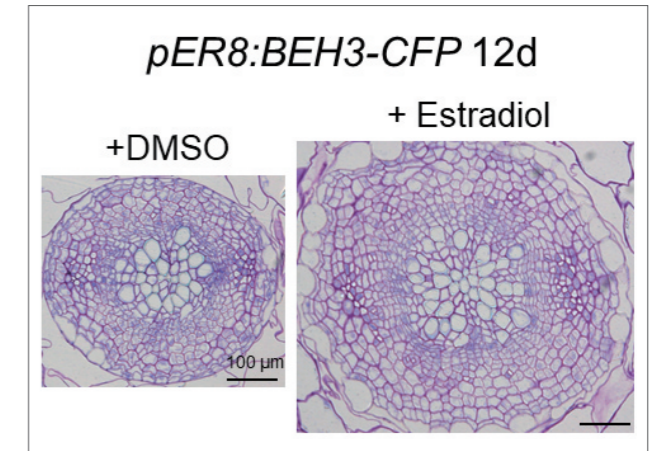
～維管束幹細胞の永続性を支える分子メカニズムの解明～

研究分担者
近藤 侑貴
 神戸大学大学院
 理学研究科
 准教授



樹木に代表されるように、植物は肥大成長をおこないます。このような永続的な成長の実現のためには、維管束幹細胞が適切に維持され続ける必要があります。本研究課題では、維管束同調培養系VISUALを駆使して幹細胞の維持や運命制御を担う因子を遺伝学的に単離・解析することで、維管束幹細胞の理解を目指してきました。本新学術領域が立ち上がってまもなく、複数の研究グループからクローナル解析によって維管束幹細胞の存在が示されました。幹細胞は分裂組織内の一部として振る舞うため、領域の新技術の柱であった1細胞オミクス解析の重要性を改めて感じました。領域内共同研究では、電顕観察により幹細胞から分化誘導した節部細胞の細胞内構造を捉え、また数理モデルを用いて転写因子競合による幹細胞のロバスタな制御機構を明らかにできました。このように細胞レベルでの幹細胞の性質は理解が進みましたが、今後は組織の中の幹細胞がどのように細胞間相互作用をおこない多細胞体制を作り上げるのかを理解することが重要となるように思います。最後の2年間はコロナ禍により対面でのディスカッションは叶いませんでしたが、研究アイデアの共有や共同研究の機会に恵まれ、研究の視野が広がりました。また私事になりますが、この期間に独立研究室

を立ち上げることができました。多岐にわたりご支援頂きありがとうございました。



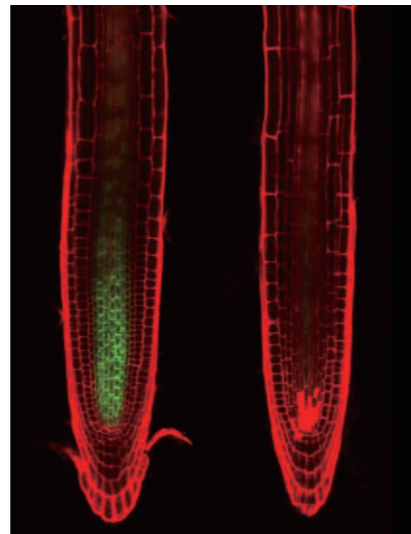
図：BEH3過剰発現株の胚軸維管束横断切片
 新規幹細胞制御因子BEH3の過剰発現は維管束二次成長を増大させる

多能性幹細胞の維持・再生機構の解明

研究代表者
梅田 正明
奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
教授



本研究課題では、根の幹細胞を質と量の両面で維持する機構について研究を行いました。シロイヌナズナの根端がDNA損傷に曝されると、細胞周期のG2期停止、DNA倍加誘導の促進、幹細胞の細胞死といった異なる応答反応が起きます。私達は、これらいずれの反応も根端でのオーキシシンシグナルの低下が一因となっていることを見出しました。また、幹細胞が細胞死を起こした後、幹細胞を新生する際には、別のホルモンであるブラスノステロイドが重要な役割をもつこともわかりました。一方、オーキシシンはクロマチン構造を制御することにより、ゲノムを保護する作用をもつことも明らかになりつつあります。以上のような知見から、植物においては幹細胞の再生やゲノム安定性を維持する上で、ホルモンが重要な鍵を握っていることが示されました。植物幹細胞の維持にホルモンや組織空間が重要であるという知見は本領域の他グループでも見つかっており、概念的なブレークスルーとして大きな成果になったと考えています。細胞を移動させることが可能な動物との違いについても、本領域に参画した動物研究者との交流の中で大いに議論を深めることができました。今後は、ホルモンシグナルの数細胞単位での制御系やエピジェネティック修飾との関連性に着目し、細胞運命転換の可塑性に焦点を当てて研究を進めていく必要があると考えています。



左はDNA損傷誘導剤で処理していないシロイヌナズナの根端、右は処理したもの。DNA損傷によりPIN1の発現（緑色）が減少してオーキシシンレベルが低下すると、幹細胞で細胞死が起こる（右の写真の赤色部分）。

多能性幹細胞の維持・再生機構の解明

～動物の多能性幹細胞維持のメカニズム～

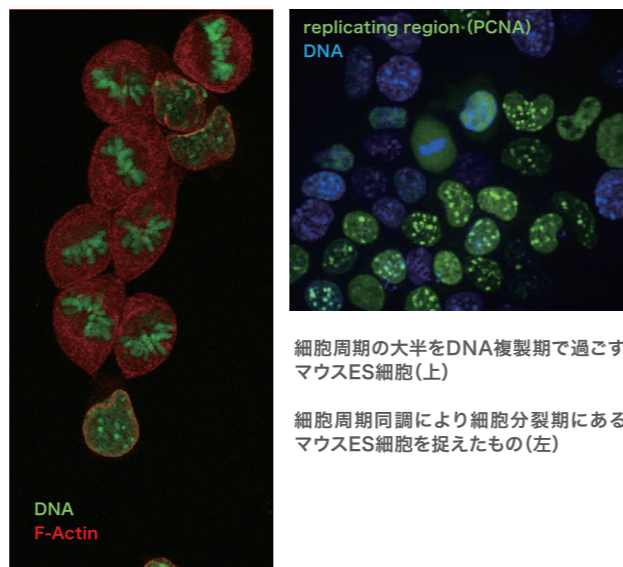
研究分担者
坪内 知美
基礎生物学研究所
准教授



哺乳類の多能性幹細胞は個体発生のごく初期に一過的に出現し、その後消失してしまいます。植物にそなわっている旺盛な再生能力が哺乳類ではどうして欠落しているのか、その理由は明らかではありません。私たちは、哺乳類の多能性幹細胞特有の細胞周期制御に秘密があるのではないかと考え、その特異性と生物学的意義を理解することを目指して解析を進めてきました。本領域活動を通じて、DNA複製や細胞周期制御のような生物に共通のメカニズムでも、細胞種・生物種により異なった制御を受けていることを学びました。これらの差異が多能性幹細胞の実態にどのように関わっているのか、今後更に理解を深めていければと思っています。

梅田新学術領域では、植物幹細胞の基盤原理を理解することを目的としつつも、動植物の垣根を超えて「幹細胞」の実態について考える機会が多く提供されました。また、若手とベテランの垣根が低く、わきあいあいと活動してきました。研究活性が非常に高く、熱意溢れる学生さんが多いことも魅力でした。このような領域を統括される領域代表と計画班の先生方の活動を垣間見れたことは私にとって大きな学びとなりました。今後とも植物研究者の方と幹細胞について熱く語り合う機会を持てるように、精進したいと思います。

このような領域に参画させて頂いたことに、心よりお礼申し上げます。



細胞周期の大半をDNA複製期で過ごすマウスES細胞(上)

細胞周期同調により細胞分裂期にあるマウスES細胞を捉えたもの(左)

多能性幹細胞の維持・再生機構の解明

～1 細胞トランスクリプトームとエピゲノム解析から解明する多能性幹細胞維持のメカニズム～

研究分担者
蓑田 亜希子
理化学研究所
生命医科学研究センター
チームリーダー



私は動物細胞でシングルセル解析を主に行っており、植物モデルは今回初めて研究させていただきました。植物細胞特異的な難関をいくつも乗り越え、まだパーフェクトではありませんが植物でもシングルセル解析(シングルセルRNAおよびATAC-seq)が可能になりました。主な貢献としては、シングルセル解析ではまだボトルネックであるデータ処理のツール開発を行いました(Battenberg, Kelly, et al., accepted at Nature Communications)。UniverSCはバイオインフォマティクス解析が出来ない方もGUIを用いデータ処理をすることが可能です。

本領域を通し世界トップレベルの植物研究者の方達の研究を知ることになり、得るものが沢山ありました。自分にとって大変貴重な体験になったと思っています。特に植物細胞のplasticityは動物細胞に比べ相当高い様に感じます(分化した細胞が動物細胞に比べ幹細胞に戻りやすい)。個人的には植物のヴァイタリティーはここから来るものが大きいと思います。

40 different single cell platforms

<https://github.com/minoda-lab/universc>

UniverSC (GUI)

docker

Kai Tom

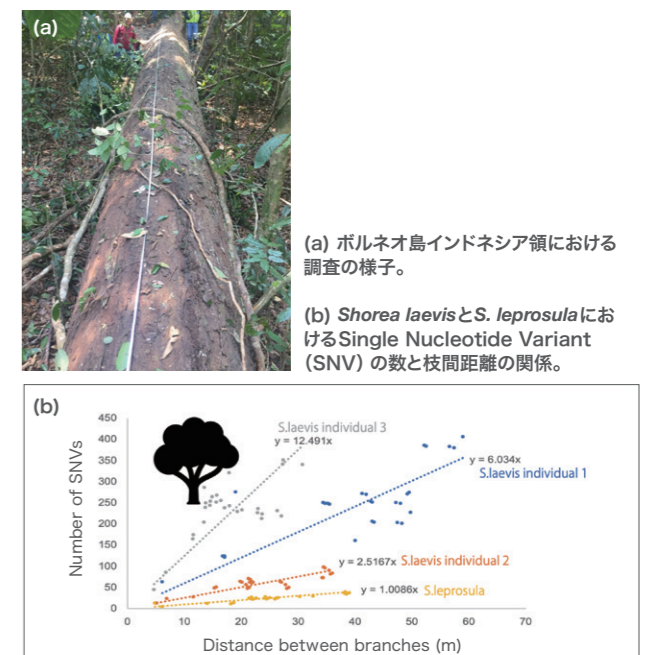
Cell Ranger output

長寿命樹木にみられる幹細胞ゲノムの多様性分析

研究代表者
佐竹 暁子
九州大学大学院
理学研究院
教授



本新学術領域で研究を進める機会をいただくことで、これまで長い間未解明であった幹細胞に生じる突然変異のプロセスを野外環境条件で明らかにすることができました。赤道直下に生息する熱帯産樹木の高品質ゲノムを作成し、1600年代に生じた芽生えから400年かけて蓄積した体細胞変異の検出によって、次世代集団が受ける自然選択や遺伝的浮動の前に生じた突然変異の速度を正確に推定することが可能となりました。枝が分岐し成長するとともに、蓄積する変異は線形に増大し個体内のゲノム多様性が増加し、それが種子として次世代へ受け継がれる際に強い自然選択を受けることが明らかになりました。突然変異のスペクトルは哺乳類のガン組織で報告されたスペクトルと類似していたため、動物と植物間の変異プロセスの共通性が示唆されました。今後は、本研究を進展させ、集団レベルのゲノム多様性の創出機構の解明に取り組みたいと考えています。また、DNA修復遺伝子のコピー数変化や発現プロファイルの種間比較に関する研究を進めることで、突然変異率の種間・環境間の違いが生まれる機構の解明を目指します。本研究は、分担者の陶山佳久教授(東北大学大学院農学研究科)と谷尚樹教授(国際農林水産業研究センター)と共同で推進しました。



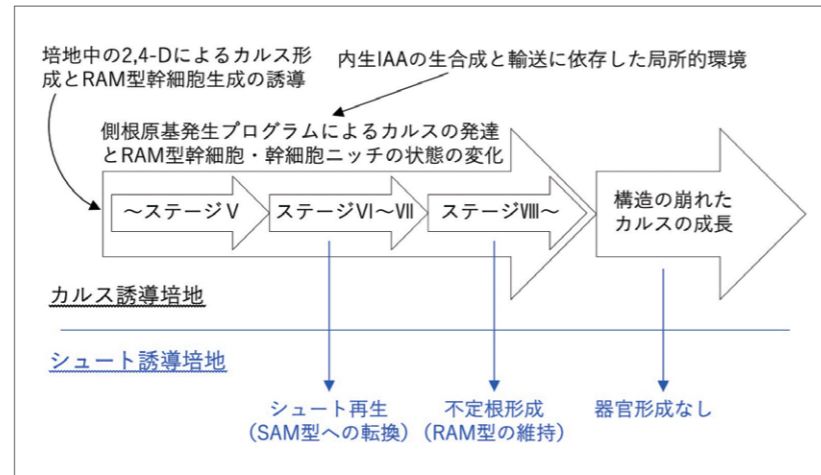
2段階式シュート再生系における幹細胞の新生と転換 (R2-R3年度は「シュート再生過程における頂端分裂組織幹細胞ニッチの新生と転換およびその制御機構」)

研究代表者
杉山 宗隆
東京大学大学院
理学系研究科
教授



本研究では、シロイヌナズナの2段階シュート再生系とトレニアの直接シュート再生系を用い、根端分裂組織 (RAM) とシュート頂端分裂組織 (SAM) の幹細胞に着目して、再生過程の解析を行ないました。その結果、2段階再生系では、培地中のオーキシンの2, 4-Dにตอบสนองしてカルスを形成しRAM型幹細胞を生じる際に、その多能性が内生オーキシンのIAAの生合成や輸送に依存した負の制御を受けていること、カルスのサイトカイニン暴露による幹細胞ニッチのRAM型からSAM型への切り替えは一体ではなく、段階的であることなどがわかりました。また領域内共同研究に基づくトランスクリプトーム解析等により、直接シュート再生ではRAM型を経由しないSAM型幹細胞・幹細胞ニッチの成立が示唆されました。本研究は専ら頂端分裂組織の幹細胞を扱いましたが、梅田新学術領域への参加を通して、多様と見ていた幹細胞の共通性に対する理解が深まり、とくにオーキシン応答の低さと多能性との関連が多くの研究で示されたことを受け、幹細胞制御の共通の枠組みについて認識を新たにしました。幹細胞研究の新しい道を照らし出してください。

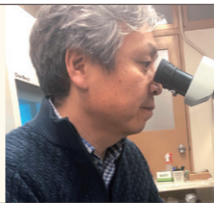
た梅田新学術に深く感謝いたします。なお、カルス形成時の幹細胞制御におけるオーキシンの二重の役割については、まだ未解明の点が多く残されています。今後はこの問題をさらに深く掘り下げるのが、再生機構の解明に重要であると考えています。



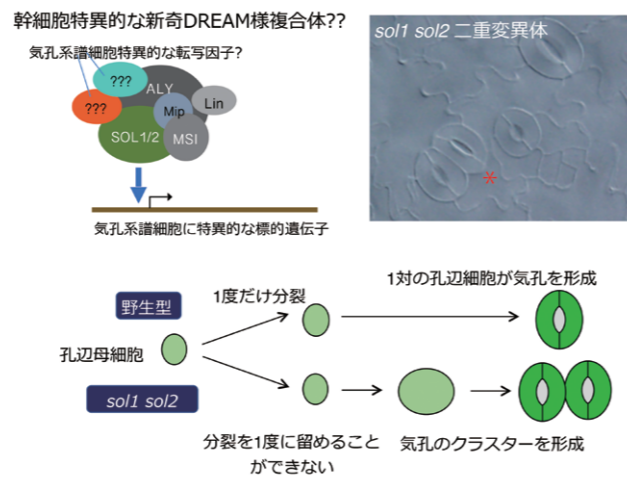
2段階シュート再生における幹細胞変化の仮説的構図

植物幹細胞の非対称分裂と細胞周期制御の連関

研究代表者
伊藤 正樹
金沢大学
理工研究域
教授



幹細胞は非対称分裂をすることにより、分化する娘細胞と分裂を続ける幹細胞自体を生み出しています。シロイヌナズナの気孔前駆細胞は限られた回数の非対称分裂を行うことにより、分化細胞を生み出すことから、一過的な幹細胞と見なされています。一方、特定の細胞周期因子が変異すると、気孔前駆細胞の分裂パターンや細胞運命決定に特徴的な異常が生じることなどから、気孔前駆細胞の非対称分裂に細胞周期制御が密接に関連していることが予想されました。私たちは以前にMYB3RやE2Fなどの細胞周期に重要な転写因子を複数含む大きなタンパク質複合体、DREAM complexをシロイヌナズナから同定しています。気孔前駆細胞で特異的に発現するDREAM複合体構成因子 (SOL1, TCX2) の二重変異体では、気孔前駆細胞の分裂が過剰となり、気孔形成に特徴的な異常が観察されます。また、SOL1は気孔前駆細胞だけではなく、根端幹細胞においても発現が確認されることから、種々の植物幹細胞に共通する仕組みに関わっている可能性が考えられます。今後、DREAM complexやこれに類似した新奇複合体の全容を生化学的に明らかにするとともに、多重変異体を用いた機能解析や網羅的な遺伝子発現解析により幹細胞分裂における役割を解明したいと考えています。



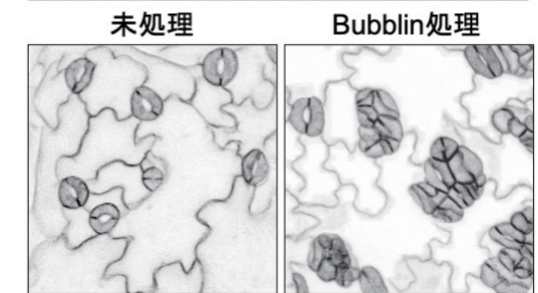
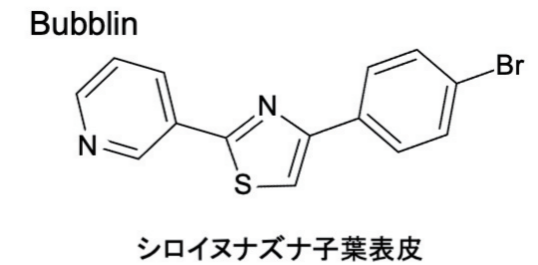
DREAM complexの構成因子の一つはTCX遺伝子ファミリーによってコードされています。気孔系譜細胞で発現するTCXファミリー遺伝子SOL1とSOL2の二重変異体を作出すると、通常は一度しか分裂しない孔辺母細胞が複数回分裂することにより、二つの気孔が隣接して生じる表現型を示します。SOL1とSOL2はDREAM complexに類似した気孔系譜細胞特異的な転写因子複合体として、細胞分裂の抑制に機能している可能性があります。

気孔幹細胞の極性形成と非対称分裂の仕組みの解明

研究代表者
嶋田 知生
京都大学大学院
理学研究科
講師



私の解析している幹細胞は、メリステモイド (およびメリステモイド母細胞) と呼ばれる孔辺細胞のもとになる前駆細胞です。しかし、この幹細胞はジグソーパズル型の表皮細胞も生み出すため、気孔だけでなく葉の表皮組織全体の発生に重要なはたらきをもつ細胞です。教科書的には幹細胞とは非対称分裂によって、自分と同じ性質の細胞と自分とは異なる分化細胞を生み出す細胞ですが、メリステモイドの細胞分裂で直接分化しうるのは、実はジグソーパズル型の表皮細胞です。さて、私たちは世界で初めてメリステモイドの非対称分裂を攪乱する外来性の化合物を発見し、Bubblinと命名しました (Sakai et al., 2017)。Bubblinを処理するとメリステモイドの細胞極性が失われ、分裂で生じた2つの細胞はどちらもメリステモイドの性質を保持します。メリステモイドは分裂を繰り返し最終的に孔辺細胞に分化するため、気孔同士が隣接した気孔クラスターが形成されます。梅田新学術領域研究の支援を受け、本研究ではBubblinの感受性が異なるシロイヌナズナ系統の同定、そのゲノム配列の決定、生化学的解析のためのBubblin誘導体の合成など、研究基盤を作ることができました。Bubblinのターゲットの同定は難航していますが、構築した研究基盤をベースに一歩ずつ解析を進めています。



気孔形成を攪乱する化合物Bubblinとシロイヌナズナ子葉表皮の顕微鏡写真。Bubblin処理によって気孔クラスターが形成されている。

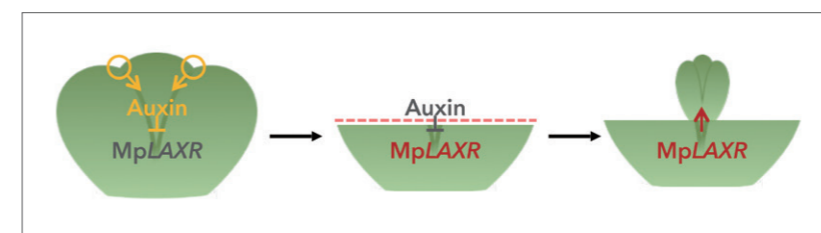
オーキシンによる多能性幹細胞形成機構の解明 (R2-R3年度は「低オーキシン応答性の確立による幹細胞形成」)

研究代表者
西浜 竜一
東京理科大学
理工学部
教授



ゼニゴケは胞子が発芽して細胞が増殖すると、しばらくして頂端細胞と呼ばれる多能性幹細胞が規定され、葉状体を形成します。領域の公募が出たときに、単一遺伝子のオーキシン受容体を破壊すると葉状体を形成できず細胞塊になるという知見を得ていました。それまで漠然としか捉えていなかった、植物の分化全能性と多能性幹細胞の関係性の理解に迫れるのではないかと応募し、参画させていただきました。その変異体は、全能性をもつ発芽直後の胞子と頂端細胞の遺伝子発現プロファイルを併せ持っていると言えるものでした。また、ゼニゴケは頂端を切除すると再生が誘導されることから、頂端由来のオーキシンがリプログラミングを抑制しているかと古くから考えられていました。榊原班との領域内共同研究により、

葉状体切断後に急激なオーキシン内生量の低下が起こることを明らかにすることができ、さらにそれにตอบสนองして発現誘導されるリプログラミング因子を同定することができました。これらの結果などから、多能性幹細胞はオーキシン低応答性であり、応答性のより高い周りの細胞との区画化により形成・維持されることが示唆されました。低オーキシン応答性と幹細胞性の関連性は、オーキシンが増殖や再生を促進するというこれまでの知見とそぐわない側面がありましたが、領域で議論を重ねることで、その意義を確認しながら研究を進めることができました。私にとって、これは領域研究の大きなメリットでした。感謝申し上げます。今後は、多能性と全能性の違いが何であるのかを明らかにしていきたいと考えています。



無傷葉状体では、頂端で合成されたオーキシンがリプログラミング因子MpLAXRの発現を抑制しています。頂端が切除されると、切断面のオーキシン量が急激に低下し、それにตอบสนองしてMpLAXRの発現が誘導され、細胞のリプログラミングとそれに続く再生が引き起こされます。

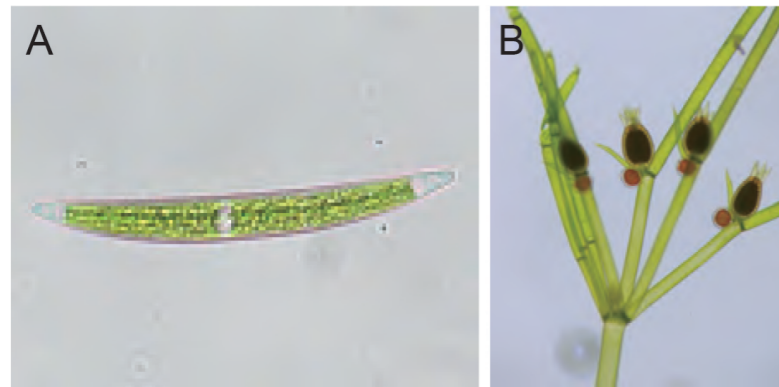
細胞壁が制御する幹細胞の運命決定機構の解明

研究代表者
榎原 恵子
立教大学
理学部
准教授



私たちはエクサンシンを介した細胞壁のゆるみの制御が幹細胞運命決定に関与していることに着目して来ましたが、本領域研究を通じて細胞壁成分であるキシログルカンの制御による幹細胞制御の可能性を見出すことができました。キシログルカンは陸上植物に近縁なストレプト藻類では一部の組織でしか確認されておらず、陸上植物の進化の過程で次第に主要になって来た興味深い細胞壁成分と考えられています。しかし、キシログルカン関連遺伝子はストレプト藻類との共通祖先

においてすでに出そろっていたことがわかってきました。これらの機能についてはまだ不明です。今後は陸上植物だけでなく、ストレプト藻類を含む多様な研究モデルを用いて、細胞壁制御による幹細胞形成維持機構の俯瞰的理解に取り組んでいきたいと思っております。その解明のための新たなモデルとして、ストレプト藻類のヒメミカヅキモ (図A) とシャジクモ (図B) に着目し、これらを用いて細胞壁成分の分析や遺伝子解析に取り組んでいます。



図：陸上植物に近縁なストレプト藻類の研究モデル。
A ヒメミカヅキモ、B シャジクモ

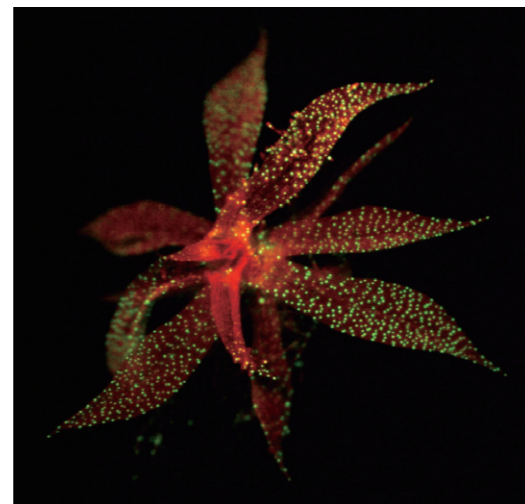
転写因子によるヒストン修飾制御を介した幹細胞新生の分子機構 (R2-R3年度は「傷害にตอบสนองした幹細胞新生におけるヒストン修飾変化の作動原理」)

研究代表者
石川 雅樹
基礎生物学研究所
助教



多細胞体制の起点となる幹細胞は、生物個体の特定の場所に維持されており、種子植物では、メリステムで維持され分化細胞を作り出します。分化細胞はクロマチン修飾により、細胞固有の遺伝子発現パターンを維持し分化状態を保っています。ところが、植物体が傷害を受けると、傷害部位付近の分化細胞から幹細胞が新生し、器官再生、さらには、新しい個体を再生することがあります。この幹細胞新生は、植物生存の永続性や旺盛な繁殖力を支える分子基盤の一つです。そこで本研究では、ヒメツリガネゴケを使って幹細胞新生の分子機構の解明に取り組んできました。その結果、幹細胞化誘導転写因子STEMINを発見し、その制御機構の解明に成功しました。また、領域内の動物研究者との研究交流を通して、生物の生存に不利なDNA損傷が幹細胞新生を誘導したり、オートファジーが幹細胞化を促進したりするなどの予想外の発見もありました。今後は、これらの発見を分子レベルで統合し、陸上植物の異なる系統間でその分子機構を比較することで、どのように幹細胞新生制御システムが進化し、植物の生存戦略に影響を与えてきたのか、その理解に繋がることが期待されます。最後に、梅田代表をはじめ、計画研究班、公募研究班の方々から様々な有益なご意見をいただき、ヒメツリガネ

ゴケの幹細胞新生研究を飛躍的に発展させることができました。ここに厚くお礼申し上げます。



ヒメツリガネゴケに、幹細胞化誘導転写因子STEMINを発現させたときの蛍光写真。緑色の蛍光は幹細胞化している細胞を表す。

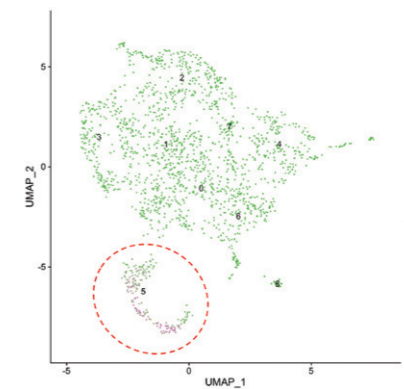
非生物ストレスによる維管束幹細胞新生の分子メカニズム (R2-R3年度は「傷害ストレス誘導性カルスの幹細胞新生メカニズム」)

研究代表者
岩瀬 哲
理化学研究所
環境資源科学研究センター
上級研究員



カルスは植物の傷口や組織培養条件下で傷口以外にも生じる不定型の細胞塊で、茎葉、根、体細胞胚などの組織再生の起点になります。カルスの中では各組織の幹細胞が再形成されますが、その分子レベルのメカニズムについては分からないことが多いです。私は特に、植物の傷口にできるカルスに注目して、カルスの中にはどのような細胞が存在しているのか、その中で幹細胞になる細胞はどのような特徴を持つものか等の詳細を明らかにしたいと考えています。本研究では、傷口のカルスから茎葉や根がよく再生するシロイヌナズナの植物体を用いてシングルセル解析に取り組ましました。ここで用いたシングルセル解析は、組織の中の一つ一つの細胞の中の遺伝子発現パターンから細胞それぞれの特徴を捉えるものです。本領域内の研究プラットフォームの利用と領域内共同研究から、細胞の取り方や遺伝子発現を調べる複数の手法について取り組み、最終的には核を細胞から単離して、その中の遺伝子発現情報をとらえる手法が傷口のカルスには最適だということがわかりました。現在得られている結果から、傷をつけてから7日目のカルスには、細胞分裂を活性化に行っている細胞群、維管束を再形成しようとしている細胞群、防御応答の遺伝子を高く発現している細胞群など種々の特徴を持った細胞が含まれていることが分かっています。幹細胞の特徴を

示す遺伝子を発現している細胞も多数存在しており、今後、組織再生をしないシロイヌナズナとの比較などから、カルスの中での幹細胞化の道筋をより詳細に明らかにしていきます。本新学術領域研究に参加できたことで最先端の解析方法に取り組むことができ、傷口のカルスからの組織再生について新規な知見を得ることができました。幹細胞に関する様々な新しい知見や研究推進に関するアドバイスをくださった領域の皆様へ感謝申し上げます。



シロイヌナズナ葉柄を切断後7日目に形成されたカルスのsingle nucleus-RNAseq解析結果。複数の細胞グループが存在することが分かった。例えば赤い丸で囲った細胞群では、細胞分裂(G2-M期)マーカー遺伝子が強く発現しており、カルスの中で細胞分裂を活性化に行っている細胞群であると考えられる。

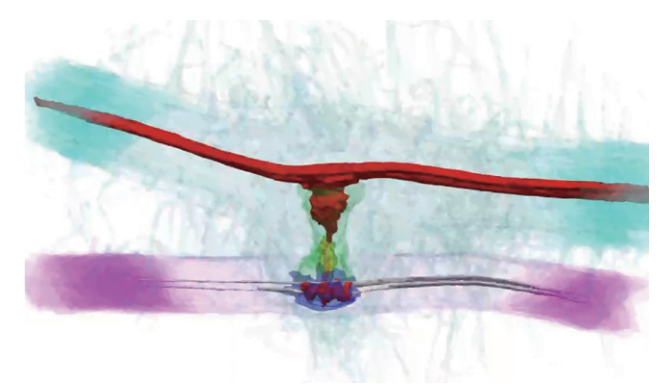
寄生植物の寄生器官をつくる幹細胞の運命制御機構

研究代表者
吉田 聡子
奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
教授



寄生植物の寄生器官である吸器は、他の植物にはない細胞構造や分化機構を持っています。本新学術領域研究では「吸器の幹細胞」による細胞分化研究に取り組ましました。研究開始時にはあるかどうか分からなかった「吸器の幹細胞」ですが、寄生植物の吸器侵入細胞分化の変異体の解析から、エチレンシグナルの下流でオーキシンが働くことによって巧みに分裂と分化を制御していることが明らかになりました。また、領域内共同研究により、吸器の侵入細胞が宿主に巻きついて道管に分化した様子を3次元的に可視化することに成功しました。寄生植物の幹細胞研究を通して、一見異なる機能をもつ器官であっても、植物ホルモンを介した普遍的な幹細胞制御機構が存在することを実感しました。今後は解析の解像度を一細胞レベルにまで上げることで、吸器の幹細胞の成り立ちが明らかになりたいと考えています。幅広い分野から幹細胞研究者が集まったこの領域に参画できたからこそ、寄生植物という一風変わった植

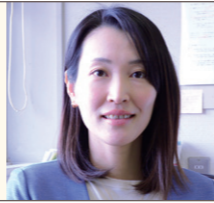
物における細胞分化制御の普遍性と柔軟性を見出すことができました。梅田領域長はじめ、領域の皆様、どうも有難うございました。



宿主植物の維管束に巻きつく寄生植物コシオガマの道管

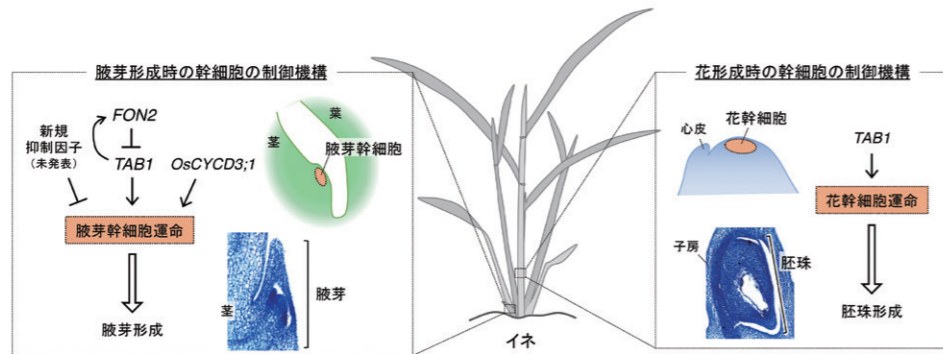
腋芽メリステム確立時の幹細胞の維持機構

研究代表者
田中 若奈
広島大学大学院
統合生命科学研究科
助教



枝をつくる腋芽幹細胞や花器官を生み出す花幹細胞などを含む腋生幹細胞は、植物のライフサイクルに応じて新生し維持されています。近年、腋生幹細胞の新生・維持の制御機構の一端が明らかになりつつありますが、その全貌の理解にはほど遠いのが現状です。本新学術領域研究において、私たちのグループは、モデル植物イネの腋芽形成時の幹細胞や未分化細胞の新生・維持に関わる複数の遺伝子を同定しました (Ohyama et al., 2022; Tanaka et al., in preparation)。また、腋芽幹細胞維持に必要なことが分かっていた *TILLERS ABSENT1* (*OsWUSCHEL*) 遺伝子が、花形成時の最終時期の幹細胞維持を担っていること、そしてその幹細胞維持が胚珠形成に必須であることも明らかにしました (Tanaka et al., 2021)。

私が本新学術領域に参画させて頂いた時期は、ちょうど現職場への異動直後のことでした。新しい研究室の立ち上げ時期にご支援を頂いたこと、そして本領域が企画して下さった各種研究会での交流・情報交換の機会を頂いたことは、研究活動の大きな推進力となりました。関係者の皆さまのご尽力とご支援に心よりお礼申し上げます。



イネにおける腋生幹細胞の新生・維持の制御機構

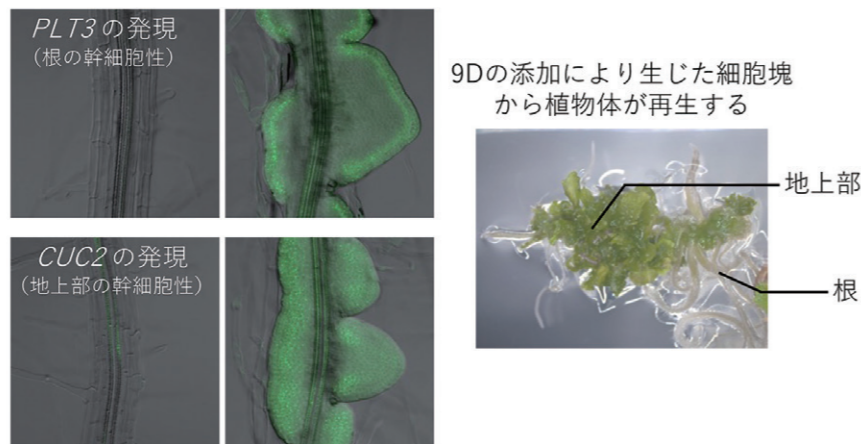
従来の想定に無かった全く新しい茎頂幹細胞維持機構と多能性獲得機構の研究

研究代表者
打田 直行
名古屋大学
遺伝子実験施設
教授



植物の組織や器官の全てを生み出す源は、分化多能性を持つ幹細胞群です。本研究では、これら幹細胞群の中でも2つのタイプの幹細胞に着目しました。1つ目は、茎の先端に位置し、植物の地上部全てを生み出す幹細胞(茎頂幹細胞)で、本研究では、この茎頂幹細胞の維持に必須とみなされてきた遺伝子を必要としない新たな幹細胞維持機構が存在することについて研究を進めました。2つ目の幹細胞は、分化済みの組織から新たな植物組織を生み出すための幹細胞です。本研究では、添加するだけでこの幹細胞を生み出す独自化合物として私たちのグループが発見した化合物9Dに着目し、その作用が発揮される仕組みを研究しました。梅田新学術領域研究に参画し、領域会議ごとに各研究班の最新の成果に触れることで、幹細胞の制御メカニズムにはまだまだ未解明の不思議が残されていることを再確認できたのはエキサイティングでした。自分達がこれまでに準備してきた実験ツールを思いもかけないところで

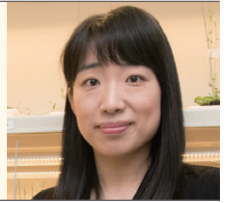
他の研究班の研究に活用してもらえるなど、領域研究ならではの経験もできました。最先端の研究を楽しみ、また、交流の場となった梅田新学術領域研究に感謝申し上げます。



化合物9Dを添加してシロイヌナズナを培養すると、分化済みの根に地上部と根のそれぞれの幹細胞性に関わる遺伝子が発現する細胞塊が生じ(発現が緑の蛍光で示されている)、そこから地上部と根の組織が再生します。

幹細胞新生を抑制するホメオボックス型転写因子の機能解明

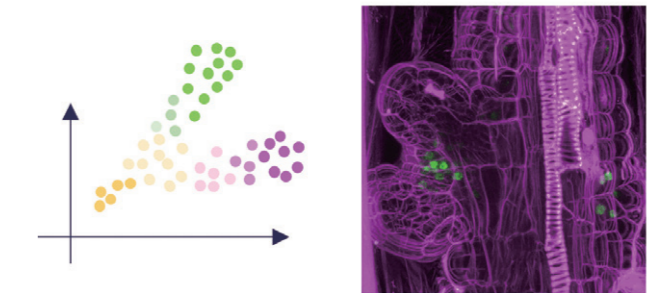
研究代表者
池内 桃子
奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
特任准教授



私は組織培養系を用いた器官再生を研究対象として、幹細胞新生を抑制する因子の機能解析を進めました。私が公募班代表として参画させて頂いた後半の二年間はちょうど対面行事ができない時期に重なってしまったのは残念ではありましたが、予備的な最新データを発表しあ様々なフィードバックが頂ける領域会議の機会は大変貴重でした。また、立ち上げたばかりの研究室で先輩がいなかった当研究室の学生にとって、梅田新学術の若手でslackなどのコミュニティを作っていただけとはとても大きな意味を持っていました。運営して下さった方々には、当研究室の学生共々心より感謝申し上げます。具体的な共同研究としては領域メンバーが保有している未発表のマテリアルを共有していただいたことで、幹細胞新生に必要な新たな因子群を発見することができました。

私自身の梅田新学術の思い出としては、当時岩瀬氏の協力者として参加させて頂いた、伊豆での領域会議が記憶に残っています。本領域課題の採択を機に王道の植物発生学的テーマを再訪している方も多く、改めて本領域の発足が植物発生学分野の振興に大きな役割を果たしていることを実感しました。また、幹細胞研究会では動物の幹細胞研究者のハイレベルな研究に触れただけでな

く、共通点や相違点を議論する場として刺激的な議論が展開されていました。シングルセル解析など研究期間の後半になって大きな進展が見られているケースも多かったため、領域終了後も引き続き技術的な情報の交換やディスカッションを継続していくのが重要だと思います。2年間のびのびと研究させて頂いて、どうもありがとうございました。

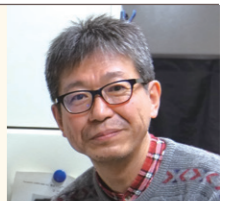


カルスから幹細胞ニッチを新生する現象について、イメージングとシングルセル解析を組み合わせて解明を進めました。

A 02 公募研究班／幹細胞性維持

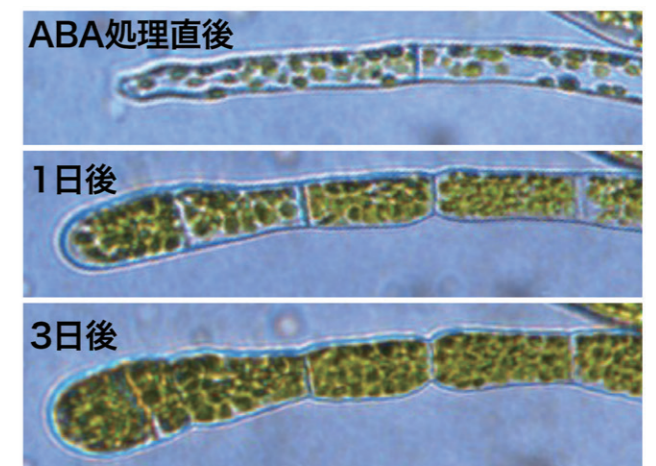
コケ植物から解き明かす植物幹細胞に特有の動作原理

研究代表者
藤田 知道
北海道大学大学院
理学研究院
教授



私たちのグループではモデルコケ植物ヒメツリガネゴケの原系体の不等分裂する頂端幹細胞に着目し、陸上植物における幹細胞制御の多様性や普遍性、また植物幹細胞の進化の理解を目指しました。さらに動物と植物の幹細胞の形成や維持などその制御機構の共通点や相違点の理解を目指しました。本新学術領域に参画することにより、植物幹細胞は予想以上に動物とは異なる植物特有の仕組みで幹細胞性を作り出し、維持していると思われました。さらに植物といってもコケ植物や被子植物など、植物の種類や幹細胞の種類により多様な幹細胞の形成、維持機構があることがわかりました。一方、このように多様な植物幹細胞の制御機構を貫く共通の鍵分子としてオーキシンが改めてクローズアップされたことは重要な気づきでした。動植物双方の研究者や評価委員の方が参画する領域での情報交換や共同研究により自身の研究の弱点が補強されるなど多くの後押しを受けることができ感謝するとともに、多細胞生物における幹細胞の制御原理の総合的な理解が進みました。細胞生物学や遺伝学を基軸とした幹細胞の理解が進んだ一方、さらにクロマチンレベル、ホルモンなどの低分子の関与と幹細胞制御の仕組みのより詳細な研究の推進が今後は重要な課題だと思います。梅田代表の下、一体性のある本領域に参加できたことで、

私たちグループの目標も推進でき、かつ幹細胞の概念そのものも更新できたことに感謝いたします。



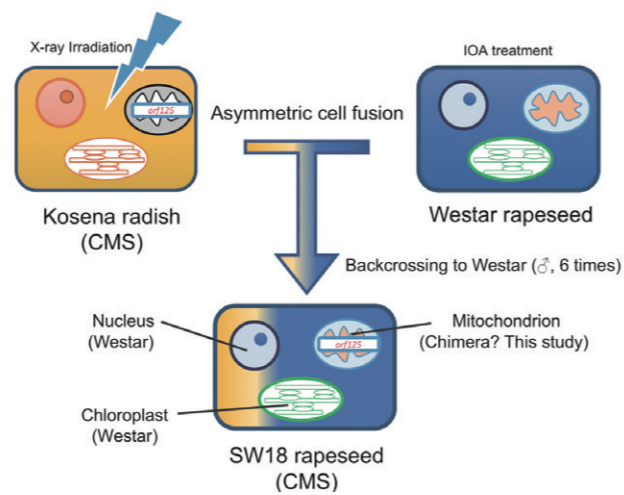
塩や高温、乾燥など環境ストレスにより一時的に新生するストレス耐性の幹細胞

植物幹細胞におけるミトコンドリア超融合とゲノム増幅仮説の検証

研究代表者
有村 慎一
東京大学大学院
農学生命科学研究科
准教授



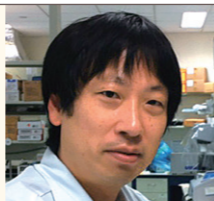
植物の茎頂分裂組織(幹細胞)や、体細胞の脱分化再生(幹細胞化)過程において、融合巨大ミトコンドリアが存在/出現することが複数報告されています。この知見は複数の植物種を対象とした個別研究によるもので、植物幹細胞の共通する特徴として「ミトコンドリアの融合巨大化」と「ミトコンドリアゲノムの超多倍数体化」が起こる可能性が考えられます。本研究では、多数種の植物研究・文献をつなぎ合わせてきたこの現象について、主にシロイヌナズナ・ゼニゴケを用いて系統的・統一的にこれらの現象とその作動順序を検証観察することを目的の一つとしました。当新学術領域研究参画を通して、普段交流の少ない研究者の発表や議論を行うことで、植物をめぐる生長/発達過程、環境応答、細胞内など全ての現象について「幹細胞」が関わりうること、またそれを介した見方ができたことが新鮮な点でした。この研究を通じて、植物ミトコンドリアゲノムの編集技術(標的遺伝子破壊)から葉緑体ゲノムの開発にも成功し、期間の途中に大きくオルガナゲノム編集が進化したのも大きな成果であり、既に4年経つ現在にさまざまな成果としてつながっており、領域への参加に大変感謝しています。



30年前に非対称細胞融合で作製されたナタネのオルガナゲノムを決定しました。葉緑体はナタネと完全同一でしたが、ミトコンドリアは小瀬菜大根由来のCMS遺伝子だけが引継がれていました。Arimura et al., GGS (2018) 93:143

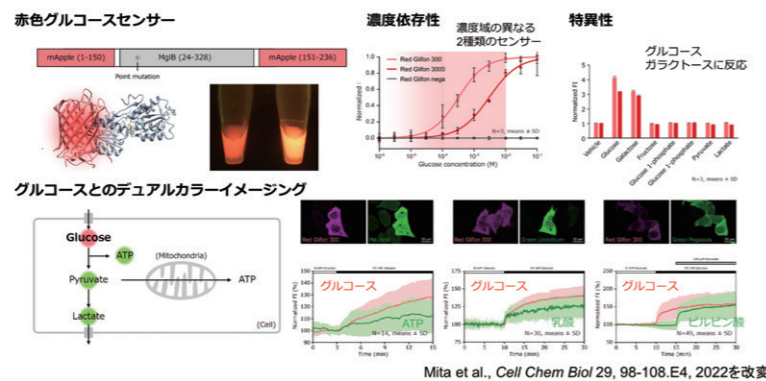
植物幹細胞研究を加速させる植物ホルモンの高分解能検出

研究代表者
北口 哲也
東京工業大学
科学技術創成研究院
准教授



植物ホルモンは幹細胞の増殖や維持を含む、植物の成長のさまざまな場面で重要な役割を果たしています。しかしながら、その分布や動態を時空間分解能高く検出するセンサーはあまり存在しません。また、植物幹細胞の増殖は、細胞のエネルギー代謝と深く関わっています。したがって、植物ホルモンの動態とエネルギー代謝とをセンサーにより可視化し、機能相関を明らかにすることで、植物幹細胞研究を加速させることができます。そこで、植物ホルモンはジベレリン、エネルギー代謝関連分子はグルコース、ピルビン酸、乳酸に着目し、蛍光タンパク質を基盤としたセンサーの開発を試みました。独自に構築した手法を駆使して、緑と赤のグルコースセンサー (Mita et al., Anal Chem 2019; Mita et al., Cell Chem Biol 2022)、ピルビン酸および乳酸のセンサー (Harada et al., Sci Rep 2020) の創出を達成することができました。ジベレリンに関しては、センサー自身は完成して、溶液中における検出には成功しており、細胞内での可視化に現在取り組んでいます。私はプロテインエンジニアリングとバイオイメージングを専門としています。専門

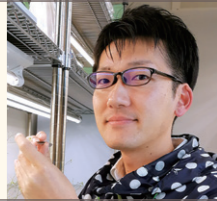
外である植物幹細胞の新学術領域に参画させていただいたことで、私自身の植物生理学への理解を深めることができました。また、植物幹細胞を軸として、異分野の研究者も取り込んで、分野横断的な研究をさらに促進していく方針に感謝し、今まで以上に研究に邁進していきたいと考えております。



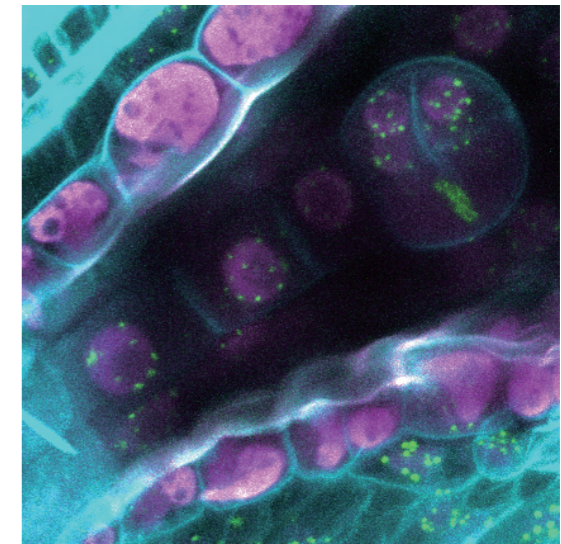
赤色グルコースセンサーの開発。濃度域の異なる2種類のセンサーが創出できた。グルコースとガラクトース以外の他の代謝関連分子には応答しない。また、さまざまな代謝関連分子とのデュアルカラーイメージングに成功している。

受精・胚発生過程における染色体維持装置形成による新生幹細胞維持機構の解明

研究代表者
武内 秀憲
名古屋大学
トランスフォーマティブ生命分子
研究所 特任助教



高度に分化した雌と雄の配偶子である卵細胞および精細胞は融合することで増殖・分化能をもつ受精卵となり、動的に性質を変えながら胚発生を進めます。本研究では被子植物の受精・胚発生の過程に着目し、幹細胞性が獲得されていく際のクロマチン動態の解明を目指しました。特に、染色体維持に必須なセントロメア特異的ヒストンH3 (CENH3) やそれを取り囲むヘテロクロマチンのマークをイメージング解析し、受精卵で新規形成されるクロマチンマークの動態や制御機構の一端を明らかにしました。また領域内共同研究を通じて、細胞の分裂、分化、幹細胞性の獲得におけるクロマチンマーク制御の重要性を探ることができました。受精卵から胚ができあがっていく過程で幹細胞が新生・維持される仕組みをさらに深く理解するためには、制御因子に関する知見の蓄積に加え、より高い時空間解像度で解析できる手法の開発が重要と考えられます。梅田新学術領域研究は植物の分化・発生研究のピグナーであった私たちが仲間に入れてくださり、多様な幹細胞の仕組みを学べただけでなく、新しい研究ネットワークも築くことができました。梅田先生はじめ、領域の先生方に感謝申し上げます。



初期胚におけるCENH3(緑)とヒストンH3(マゼンタ)および細胞壁(シアン)の蛍光像

内鞘細胞幹細胞性原理の解明

研究代表者
柿本 辰男
大阪大学大学院
理学研究科
教授



側根形成は、内鞘(pericycle)から生み出されます。均質な内鞘細胞群の中に自発的にオーキシン濃度が高い細胞が生み出され、これが創始細胞として不等分裂を繰り返して側根原基を作ります。シロイヌナズナの根において、オーキシンに反応して細胞分裂を行う能力、側根原基を作る能力を持っているのは内鞘細胞だけです。内鞘細胞だけがどうしてこのような能力を持っているのでしょうか。私たちの研究により、PFA/PFB転写因子複合体がその能力を支配していることを見出しました。内鞘細胞は再生能力を維持している点で幹細胞様ですが、動物の組織幹細胞の定義に全てあてはまるわけではありません。動物と植物の進化の上で多細胞システムは独立に作り出されたので、幹細胞様の細胞の使われ方も違って不思議ではありません。植物の成長は典型的な幹細胞を配置した分裂組織であるメリステムに依存します。内鞘細胞は、幹細胞を配置した分裂組織(メリステム)を生み出す細胞なのです。本研究領域で皆様と考えを練る中

で、内鞘細胞が持つメリステムを生み出す能力の基盤を明らかにすることができました。今後は、PFA/PFBの下流因子の役割を明らかにするとともに、側根原基形成の際の細胞間コミュニケーションの役割を明らかにするつもりです。

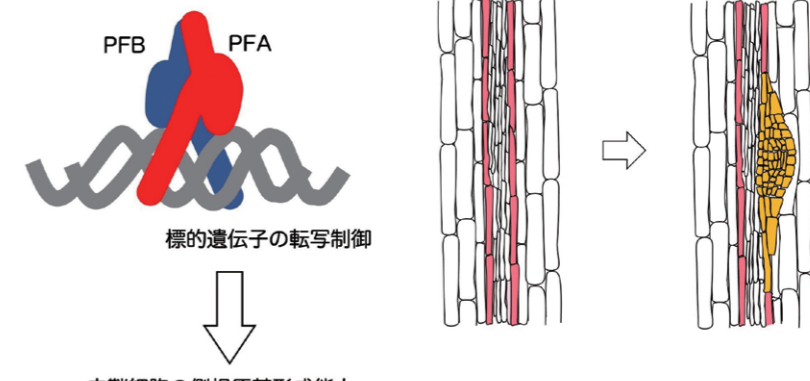


図: bHLHタイプの転写因子複合体PFA/PFBが作り出す転写ネットワークが、側根メリステムを生み出す内鞘細胞特有のコンピテンスを支配する。

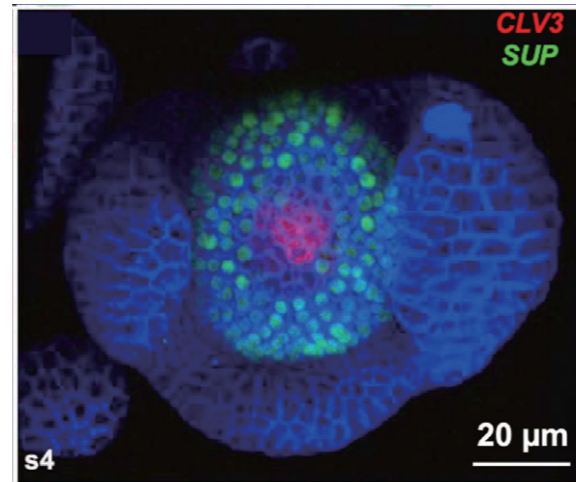
花幹細胞の終結過程における 遺伝子ネットワークの冗長性と協調性 (R2-R3年度は「花幹細胞の増殖抑制における オーキシンの作用機序」)

研究代表者
伊藤 寿朗
奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
教授



植物は種子を形成するために、花において旺盛な幹細胞の増殖活性を自ら停止し、生殖器官を分化させます。特に、幹細胞を取り囲むように発現するSUPERMAN (SUP) 転写因子とCRABS CLAW (CRC) 転写因子は非細胞自立的に幹細胞の増殖抑制に機能します。本研究では、SUPとCRC下流の解析として、植物ホルモンの制御機構を解明しました。これまでにSUPは花発生の若い時期においてH3K27me3を導入するポリコム複合体と相互作用して、オーキシンの合成酵素遺伝子の転写を抑制することを明らかにしました。一方、CRCは花発生中期において雌しべ原基の外側において、オーキシンの量を増やすようにオーキシン合成酵素や輸送体の遺伝子の発現を制御していました。本新学術領域研究に参画することで、オーキシンの定量が可能となり、幹細胞の増殖抑制には花発生ステージ、細胞タイプ特異的にオーキシンの量のダイナミックな制御が必要であることがわかりました。次のステップとして、細胞レベルでの時空間特異的なオーキシンおよび拮抗的に作用するサイトカインのダイナミクスとそれらの合成およびシグナル系の操作を行うことにより、幹細胞の増殖抑制と分化制御過程におけるオーキシン機能の実態が明らかになると期待されます。最後に、梅田新学術領

域研究の公募班として前後半の4年間お世話になり、かけがえのない時間を過ごせたことに、心より感謝申し上げます。



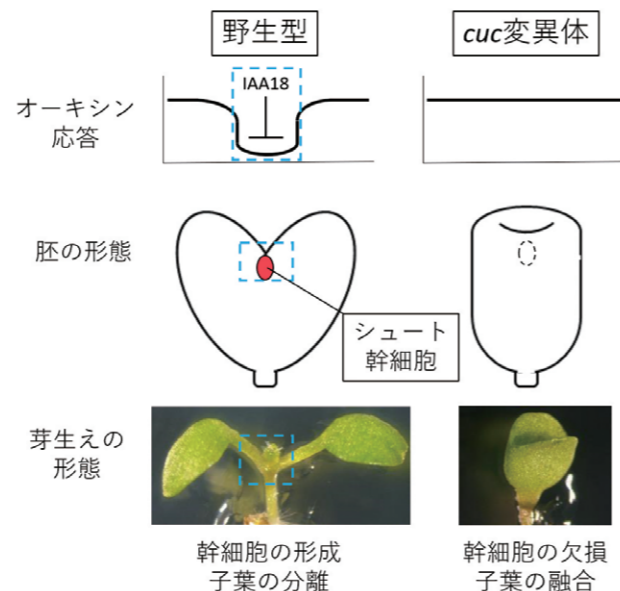
若い花芽におけるSUP転写因子の発現(緑)と幹細胞マーカーであるCLV3の発現(赤)

シュート多能性幹細胞群の永続性を支える茎頂分裂 組織の成長パターン制御機構の解析 (R2-R3年度は「シュート幹細胞形成における 植物ホルモン微環境の構築メカニズム」)

研究代表者
相田 光宏
熊本大学
国際先端科学技術研究機構
教授



胚発生は植物の基本体制が確立する時期であり、このときにシュートと根を形成するための幹細胞が形成されます。本新学術領域において私たちは、植物ホルモンであるオーキシンに着目して研究を進めた結果、胚発生におけるシュート幹細胞の新生にはオーキシン応答の抑制が重要であることを見出しました。具体的には、シュート幹細胞の新生に必須なシロイヌナズナの転写因子群であるCUC1、CUC2、およびCUC3 (CUC) が、Aux/IAA遺伝子の一種であるIAA18の発現を促進することでオーキシン応答を抑制し、その結果シュート幹細胞の形成が促進されることを明らかにしたのです。もともとCUCはシュート幹細胞の維持に必須な転写因子群であるKNOXの発現を活性化することが私たちの研究によってすでに明らかになっていたのですが、今回の領域研究ではCUCの機能のもう一つの側面、すなわちオーキシンの応答の抑制を介したホルモン微環境の構築という新たな一面をあぶり出せたと考えています。今後は、このCUCによって構築されるホルモン微環境がシュート幹細胞の維持にどのような役割を果たすのかを、細胞周期やゲノムの恒常性に着目した細胞生物学的解析や、クロマチン状態の単一細胞レベルでの分析などを通じて総合的に明らかにしていくことが、植物における幹細胞の永続性の理解に重要であると考えます。



図：CUCによるオーキシン応答の抑制を介したシュート幹細胞新生の制御

植物の栄養繁殖をモデルとした再生と 幹細胞性の維持機構の解明

研究代表者
木村 成介
京都産業大学
総合生命科学部
教授



アブラナ科植物の*Rorippa aquatica*は、葉の断面から不定芽を形成することで無性的に繁殖しています。この一連の過程には特別な条件は必要なく、水分状況さえ適切であれば、葉の切断にตอบสนองして植物体が再生します。これは、葉の細胞の一部が幹細胞性を維持しており、切断などの刺激にตอบสนองして増殖が再開するからだと考えられます。そこで、本研究では、*R. aquatica*の葉の断面からの再生をモデルとして、植物の再生や多能性幹細胞の維持・増殖のメカニズムを分子レベルで明らかにすることを目的として研究を進めました。本研究では、*R. aquatica*のゲノム配列を解読し、再生過程の経時的なRNA-seq解析を行うことで、再生の初期にはオーキシンとジベレリン、後期のシュートの再生にはサイトカニンが重要であることなどを明らかにしました。また、葉から再生しないシロイヌナズナとの比較トランスクリプトーム解析を行うことで、再生に重要な遺伝子ネットワークを同定することができました。本領域に参加させていただいたことで研究が大きく進展し、また、幹細胞研究という大きな枠組みで自分の研究を見直す貴重な機会となりました。現在、この研究の成果をさらに発展させるべく国際共同研究を進めています。

今後も引き続き、植物幹細胞の秘密の解明に迫るような研究を展開したいと考えています。



葉の断面から再生

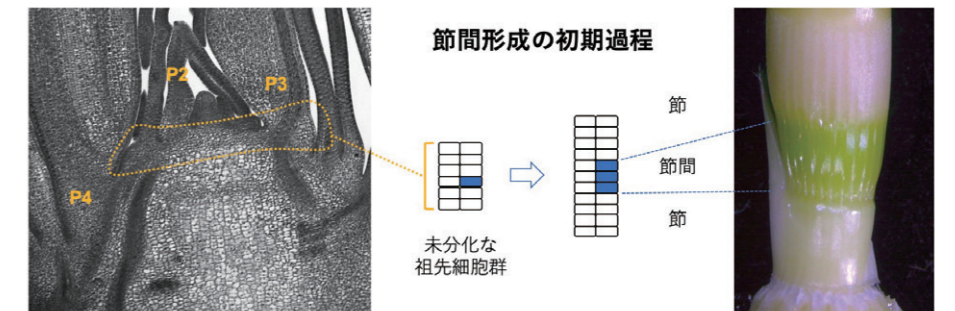
イネの茎における節幹細胞の特徴づけと 細胞未分化性消失機構の解明 (R2-R3年度は「イネ介在分裂組織における 幹細胞の検証と細胞未分化性制御機構の研究」)

研究代表者
津田 勝利
国立遺伝学研究所
助教



茎は植物の主要器官の中で唯一発生機構の研究が進んでいない器官です。私は葉と茎の接点である節とその間で劇的に伸長する節間が、いつどの様にして生まれるのかをイネを用いて研究しました。まず茎頂幹細胞の未分化性を司るKNOX転写因子が節間になる領域を規定することで節・節間のパターンが生まれることを明らかにしました。茎の基本的なパターン形成機構を解明できたことは大きな進展と言えます。また、イネでクローナル解析系を立ち上げ、節間細胞が隣接する節の間から、節よりも遅れて生まれてくることを明らかにしました。節間を生み出す幹細胞は茎発生の初期から備わっているのではなく、途中の段階で、周囲の細胞との相対的な位置関係で生じるシグナルによって生じるのではないかと考えています。今後は一体何がニッチとなって、どのようなシグナルを介して節間が生み出されるのかを解き明かしたいと思っています。梅田新学術では、領域内グループミーティングや国際シンポジウムを通じて、多くの幹細胞研究者と交

流することができ大変勉強になりました。本研究に用いた多くのツールもその交流の中でから生まれた共同研究で作上げたものです。幹細胞に焦点を当てつつも、多様なバックグラウンドを持つ研究者が参加している研究領域に計4年間参加させて頂いたことは私の研究人生の中でも大変意義ある経験になりました。領域代表の梅田先生をはじめ、運営して下さった多くの皆様、共同研究やディスカッションでお世話になった方々に心より感謝申し上げます。



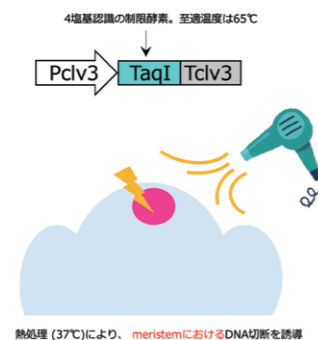
イネの茎におけるクローナル解析の結果、節になる細胞は茎発生の初期段階で生まれているのに対し、節間になる細胞はそれより遅れてごく限られた数の細胞から生じることがわかった。

幹細胞におけるゲノムの安定性と可塑性に関する研究

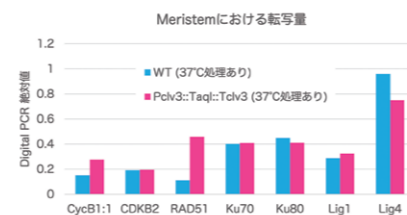
研究代表者
遠藤 真咲
農業・食品産業技術
総合研究機構
上級研究員



正確なゲノム情報を後代に伝えることは、種の保存にとって重要ですが、環境の変化に対応するには、適度にゲノム情報が変わった子孫を残すことも重要です。ゲノム情報が変わるきっかけの一つは、DNA損傷と修復エラーなので、本研究では、植物の生存戦略にとって重要な茎頂幹細胞のDNA損傷応答を詳細に解析することで、幹細胞性の維持機構および、遺伝的多様性につながるゲノムの可塑性を明らかにしたいと考えました。まだ研究の途中ではありますが、茎頂幹細胞では、正確性の高いDNA修復機構である相同組換え修復効率が高い傾向にあります。私は、ゲノム編集と呼ばれている、遺伝子の改変法の開発をメインテーマとしているため、幹細胞といえば、変異を植物体全体に行き渡らせたり、次世代に変異を遺伝させるために重要な茎頂分裂組織を最初に思い浮かべます。本新学術領域では、傷害を受けた体細胞が幹細胞化するメカニズム研究や、長寿樹木における個体内での多様な変異蓄積に関する



熱処理 (37°C) により、meristemにおけるDNA切断を誘導
シロイヌナズナを材料に、茎頂分裂組織特異的かつ一過的にDNA二重鎖切断を誘導できるシステムを構築しました。茎頂でDNA二重鎖切断が生じると、相同組み換え修復の主要因子である、Rad51の発現が顕著に上昇しました。



研究など、対象とする幹細胞そのものも多様性に富んでおり、植物の柔軟性や、多様性を改めて実感することができました。物理的な刺激や植物ホルモンによって分化した細胞を幹細胞化できることは、ゲノム編集にとっても大変魅力的です。今後は、本領域内研究で得た知識や、本領域での出会いがきっかけとなった共同研究をゲノム編集研究への応用にもつなげていきたいと思ひます。

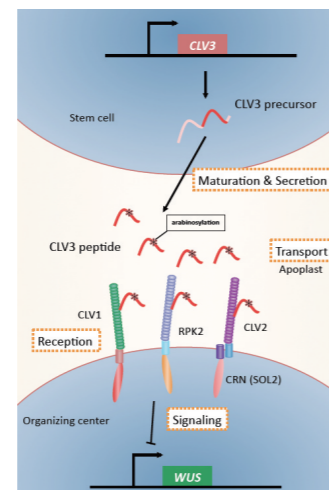
植物の茎頂部・根端部の幹細胞活性制御分子機構の相同性と相違点

研究代表者 (平成30年度)
澤 進一郎
熊本大学
先端科学研究部
教授



植物の胚発生後の形態形成は、全て頂端幹細胞の活性に依存しており、その活性調節には三次元的な頂端領域での細胞間コミュニケーションを介した空間認識が必要不可欠である。茎頂と根端の幹細胞領域は構造が全く異なるが、幹細胞領域の空間認識と活性制御において、CLE ペプチドホルモンシグナルは、両幹細胞領域の空間認識に関与し、幹細胞活性を負に制御していると考えられる。本研究では、構造の全く異なる二つの頂端部の幹細胞活性制御に共通して関わるCLE シグナル伝達系の解析を行い、二つの頂端部の空間認識とサイズ調節、また、それに関わる幹細胞活性制御機構の相同点と相違点について分子遺伝学的な解析を行った。その結果、CLEN3等、新たな因子を単離することができた。本新学術領域に参加することで、1細胞内レベルでの解析法に関する技術や知見を得ることができただけでなく、多くの共同研究者に恵まれ、in vivoで多能性幹細胞を維持するしくみについて多面的に研究展開することができた。本新学術領域に参画することで、幹細胞について多様な見方や新たな研究アプローチを得ることが出来、また、より広い研究者ネットワークを形成することが出来、大変感謝しております。

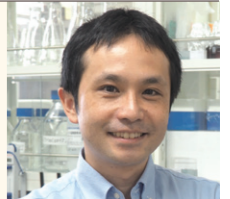
今後も、私自身、本新学術領域で培った知見やネットワークを活かして幹細胞の研究のために精進すると共に、植物多能性幹細胞研究領域のさらなる発展を期待しています。



茎頂分裂組織と根端分裂組織では、幹細胞活性維持に同じCLEシグナル伝達系を用いている。相同性因子だけでなく、全く同じ因子を用いている場合も多い。

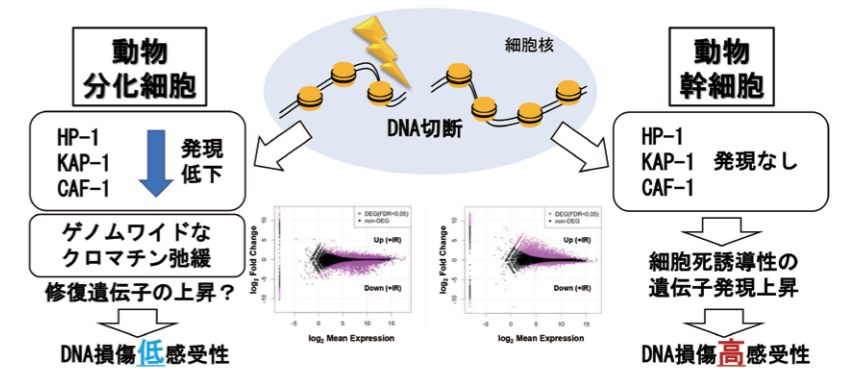
細胞運命決定に影響を及ぼすDNA損傷・修復・クロマチンの時空間的クロストーク

研究代表者
柴田 淳史
群馬大学
未来先端研究機構
准教授



多能性幹細胞の運命決定に影響を及ぼす因子の一つとして、細胞核内のクロマチン制御が挙げられます。私たちの研究室ではDNA損傷後のクロマチン制御に着目することで、多能性幹細胞特有の細胞運命決定機構について研究を行っています。今回の研究により、動物の分化細胞にDNA損傷を与えた場合、KAP-1、HP-1、CAF-1などのヘテロクロマチン因子の発現が低下することを見出しました。一方、動物の多能性幹細胞にDNA損傷を与えたとしても、これらのヘテロクロマチン因子の発現変動は認められませんでした。この結果は、幹細胞ではDNA損傷発生時にクロマチン構造を変化させないような分子機構が働いていることを示唆しており、現在はその生理的意義を探索する研究を行っています。幹細胞は分化細胞よりもDNA損傷に対して高感受性であることから、このような幹細胞特異的クロマチン制御がDNA損傷に高感受性となる運命決定に関わっている可能性が考えられます。第二期公募班として参画してから、特に梅田班のメンバーからはたくさんのアドバイスをいただきました。その中で、梅田班が

持つ植物のクロマチン研究成果と私たちの動物データを比較することで、非常に興味深い幹細胞ならではの現象を数多く議論することができました。このような沢山のアイデアの「種」を生み出すことができたのは、梅田新学術領域に参加させていただけたお陰です。この度は研究の機会をいただき誠に有難うございました。



動物幹細胞はDNA損傷に対して高感受性になる。分化細胞ではDNA損傷後にヘテロクロマチン因子の発現低下が認められたが幹細胞では変化がなかった。幹細胞特有のクロマチン応答性が、細胞死誘導性の遺伝子高発現に関係し、DNA損傷に対する高感受性に寄与しているのかもしれない。

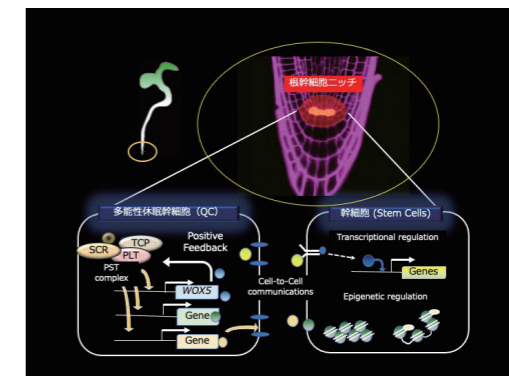
植物の幹細胞新生を統御する分子ネットワークの解明

研究代表者
下遠野 明恵
名古屋大学
トランスフォーマティブ生命分子
研究所 特任講師



動物とは異なり、植物は周囲の環境に合わせて生存に必要な器官を形成します。この過程で司令塔となるのが、幹細胞で構成される微小環境(幹細胞ニッチ)ですが、その発揮のメカニズムには未解明な点が多くあります。そこで、植物細胞が根の幹細胞ニッチの場を形成する仕組みを明らかにしたいと考え、研究を行ってきました。根は、最も生育環境変化を受けやすい器官です。私は、これまでの研究で、三種類の植物特異的な転写因子群(PLT・TCP・SCR)が複合体を形成し、根の幹細胞ニッチの形成に重要な機能をもつことを見出しています。梅田新学術研究領域に参画することで、この研究をさらに発展させ、この複合体のターゲット因子の一つであるホメオボックス遺伝子(WOX5)との間に明確なポジティブフィードバック制御があることを突き止めることができました。また、これらの異所的な発現誘導は幹細胞新生を誘導し、逆に変異株では細胞初期化能が著しく低下すること、さらに、PST複合体の下流にはWOX5などの転写因子群の他に、クロマチン制御因子や細胞間コミュニケーションに関連する因子が存在することなど、今後の幹細胞研究の推進

に必要な新たな知見を得ることができました。動物でも、幹細胞性の獲得においてクロマチン構造のダイナミクスが重要な役割をもつことが示唆されています。そこで次のステップとして、幹細胞新生過程における動物の共通項と相違点を明確にし、植物の多能性幹細胞を特徴付ける独自の仕組みを明らかにしたい、と考えています。最後になりますが、コロナ禍という大変な状況にも関わらず、班員の皆様にはオンラインや個別のミーティングなどで厚いご支援を頂きましたことに心から感謝申し上げます。



シロイヌナズナ根幹細胞ニッチの形成過程における分子モデル
三種類の植物特異的な転写因子PLT (PLETHORA)、SCR (SCARECROW)、TCP (Tosointe branched1/Cycoidea/Proliferating cell factor) は、多能性休眠幹細胞(Quiescent Center:QC)の分子マーカーであるホメオボックスタンパク質(WOX5)との間に正のフィードバック制御システムを有し、多能性休眠幹細胞(Quiescent Center:QC)の確立に寄与する。

植物幹細胞電顕アトラスの構築

豊岡 公徳 理化学研究所環境資源科学研究センター

走査電子顕微鏡(SEM)の高分解能化により、樹脂切片をスライドガラスまたはウェハーなどの基板に載せ、反射電子を検出することで、透過電子顕微鏡のような画像を撮影する方法“切片SEM法”が電子顕微鏡(電顕)解析の主流になりつつあります(※1)。この切片SEM法を用いた広域電顕撮像技術により、シロイヌナズナ・イネの茎頂・根端のギガピクセルクラスの高解像度広域電顕写真を取得しました。

このような広域電顕写真を多くの研究者や一般の方々に閲覧できるように、Website上で拡大縮小して俯瞰できるGoogle MapsのようなWebsite“電顕アトラス”を構築しています。このようなWebsiteを構築する方法は多種多様ですが、自分自身で管理・運用ができるように、市販のソフトウェアと理研内の外部公開サーバーに独自の方法で構築することにしました。具体的には2つの市販のソフトウェアを用いて構築しています。WebsiteはRapid Weaver (Realmac software社)を用いて、外部公開サーバーにベースとなるWebsiteを構築しています(※2)。私たちはこのソフトウェアを顕微鏡施設やワークショップなどの一般的なWebsiteの構築にも使っています(※3)。そして、数GB~数十GBと巨大なファイルサイズの高解像度広域電顕写真を、Zoomify (Zoomify社)というソフトウェアにより多段階階層化した小さなjpeg写真に変換し、JavaScriptによりWebsite上に表示できるようにします(※4)。WebsiteにZoomifyのJavaScriptと多段階階層化ファイルを置くことで、閲覧が可能になります。実は、5年以上前からこのシステムを構築し、テスト運用していたのですが、理研の外部公開サーバー更新のため、新しいサーバーに移転することになり、再構築するのに苦労しました。あと、Webを見る環境がデスクトップPCやノートPCから、スマートフォンやタブレットで見る方が多いため、全てのデバイスで見やすく表示される“レスポンスWebデザイン”に対応させました。

シロイヌナズナ・イネの茎頂や根端の広域電顕像などの幹細胞電顕アトラスの他に、シロイヌナズナの他の組織やタバコ培養細胞BY2などの電顕アトラスを新しいサーバーに公開しました(※4)。今後、連続電顕像を多段階階層化することで、奥行き情報とともに表示し、共焦点レーザー顕微鏡による細胞内小器官の蛍光像とリンクすることで情報を多様化したいと考えています。これまで領域で得た遺伝子などの情報や論文化した知見などを、電顕像の組織や細胞のマップに領域またはピンとして情報をリンクすることで、オミクス情報と3D電顕像を相関させた3D電顕アトラスにアップデートして行きたいと考えています。

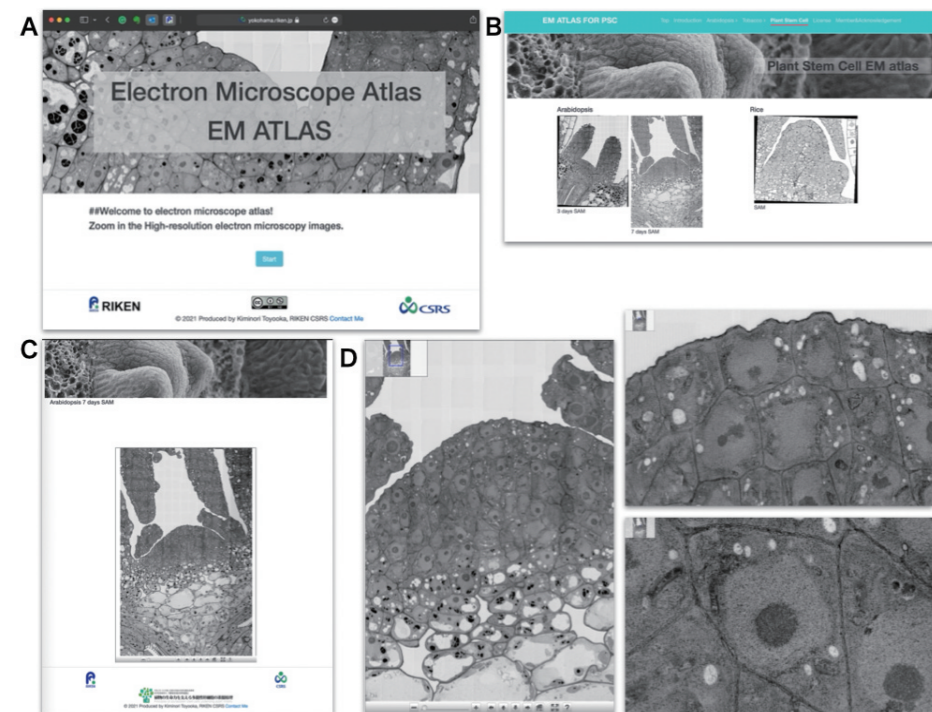
※1 豊岡公徳 他, 切片SEM観察法の植物試料への応用 顕微鏡 55(1) 7-12.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kenbikyoku/55/1/55_7/_article/-char/ja/

※2 “Rapid Weaverを用いた学術系 Website構築法” https://note.com/k_toyo/n/n8bff85819f3c

※3 Zoomify <http://www.zoomify.com>

※4 電顕アトラス “Electron Microscope Atlas” <https://www.yokohama.riken.jp/em-atlas/>



構築・公開したWebsite“電顕アトラス”。トップページ(A)と幹細胞の広域高分解能電顕写真のカタログサイト(B)、シロイヌナズナ茎頂の広域高分解能写真をWebブラウザ上でシームレスに拡大縮小できる閲覧サイト(C)、拡大して閲覧している画面(D)。

植物シングルセル解析ことはじめ

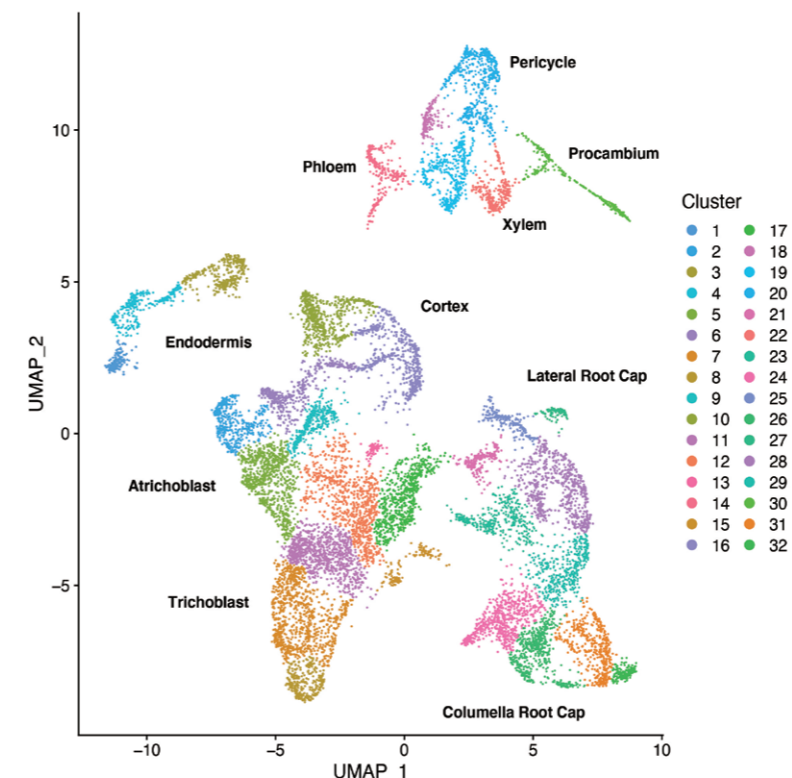
林 誠 理化学研究所環境資源科学研究センター

植物幹細胞の維持や増殖に必要な遺伝子を同定するために、幹細胞の機能に不全を示していると考えられる変異体から変異遺伝子を同定し、その機能を明らかにする、というアプローチがあります。対して、幹細胞で発現の変化する遺伝子の機能を調べる、いわゆる逆遺伝学的なアプローチも有効です。ところが、幹細胞は分化細胞と比較して組織中の細胞数が圧倒的に少ないことから、組織由来の遺伝子発現解析では遺伝子発現が希釈されることで、目的の遺伝子を捉えられない懸念がありました。

そこで、新学術領域研究「植物幹細胞」では植物幹細胞研究センター(Plant Stem Cell Analysis Center, PSAC)を総括班に設置し、発足当時(2017年)は植物科学の分野でまだ報告のなかった大規模シングルセル解析に取り組むことになりました。幸いなことに、計画班員の養田博士が所属する理研IMSでは既に動物細胞を用いたシングルセル解析の実績があり、数万細胞を同時に解析可能な10x Genomics社のChromiumとDolomite Bio社のNadia Instrumentが利用可能でした。ところが、これらのプラットフォームは細い流路に細胞を流すことで個々の細胞を捉える方法を採用しており、例えばChromiumでは直径30μmまでの細胞に対応していることから、植物種あるいは細胞種(セルタイプ)によってはプロトプラストが流路内で破裂する、あるいは流路が詰まってしまう恐れがありました。そこで、「植物幹細胞」ではナノウェルを用いることで直径100μmまでの細胞に対応するタカラバイオ社のICELL8を新たに導入しました(国内初号機)。

まず始めに、多くのセルタイプマーカー遺伝子が報告されているシロイヌナズナの根を材料に、シングルセルRNA-seq(scRNA-seq)解析に挑戦しました(図)。解析の過程で、異なるプラットフォームで作成したライブラリー由来のシーケンスデータを同一のパイプラインで処理できる、UniverSCを新たに開発しました。シロイヌナズナでの解析の結果、植物でもscRNA-seqが充分可能であることが判明しましたので、次にセルタイプマーカー遺伝子がほとんど知られていないミヤコグサでscRNA-seqを試みました。また、流路のサイズ制限を回避するために単離核を用いたシングルセルRNA-seq(snRNA-seq)解析、クロマチン状態をセルタイプレベルで把握するためにシングルセルATAC-seq(scATAC-seq)解析にも取り組みました。その結果、単離核を用いたシングルセル解析が有効であることが明らかとなり、領域内共同研究でsnRNA-seq解析が進んでいます。

現在のところ、シングルセル解析はコスト面・解析面でのハードルが高く、気安く取り組める実験ではありません。しかし未知のセルタイプを同定し、これまで機能の不明だった遺伝子を明らかにできる可能性がある上に、遺伝子発現パターンを元にした細胞分化経路やセルタイプごとの遺伝子制御ネットワークの推定など、シングルセル解析でのみ得られる情報もあります。遺伝子発現の大規模解析に次世代シーケンサーを用いたバルクRNA-seqが一般的になったように、今後はシングルセル解析がますます重要になってくると考えられます。



シロイヌナズナ野生型幼植物体の根を根端から1cm切り出し、プロトプラスト化した後にChromium、Nadia Instrument、ICELL8を用いてライブラリー(3反復)を作成した。シーケンスで得られたリードをUniverSCで処理後、Seuratにより解析した。得られたクラスターにおける既知のマーカー遺伝子の発現パターンによりセルタイプを推定した。

招待論文

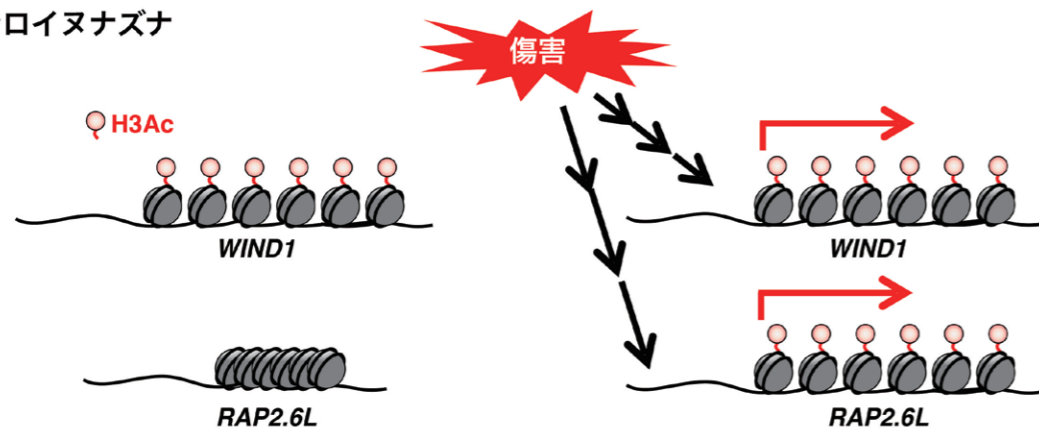
Plant stem cell research is uncovering the secrets of longevity and persistent growth

Masaaki Umeda, Momoko Ikeuchi, Masaki Ishikawa, Toshiro Ito, Ryuichi Nishihama, Junko Kyozuka, Keiko U. Torii, Akiko Satake, Gohta Goshima and Hitoshi Sakakibara (2021) *Plant J.* 106, 326-335.

本論文は、*The Plant Journal*誌から依頼があった招待論文です。計画・公募班から9名が共著者として加わり、植物幹細胞研究の背景と現状、および本領域で取り組んでいる課題について解説しました。

陸上植物は通常の発生過程の中で新たな幹細胞を創り出すとともに、傷害を受けると、その近傍の分化した細胞から幹細胞を創り出します。本論文ではまず、本領域で取り組んできた幹細胞新生に関わる分子機構について概説するとともに、領域研究の成果として、ヒメツリガネゴケのSTEMIN1が転写抑制型ヒストン修飾であるH3K27me3を除去し、細胞を初期化する例を紹介しました(図1)。また、茎頂の幹細胞ニッチの形成と維持に働く植物ホルモンとしてサイトカイニンを取り上げ、その空間的分布が幹細胞増殖の制御に果たす役割について概説しました。さらに、幹細胞の非対称分裂を保證するメカニズムに関して、主にヒメツリガネゴケを使った研究成果を紹介するとともに、幹細胞のゲノム恒常性を維持するための機構や個体寿命との関連性について、最新の知見を交えながら解説しました。

シロイヌナズナ



ヒメツリガネゴケ

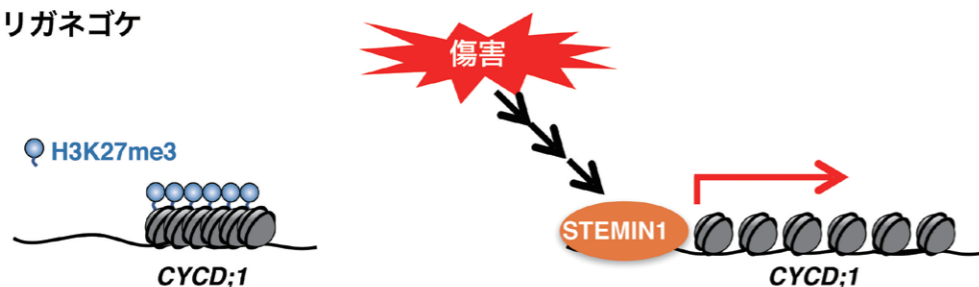


図1 幹細胞形成を制御する遺伝子の発現誘導の仕組み

シロイヌナズナでは、細胞初期化を誘導するWIND1やRAP2.6Lなどの遺伝子領域で、転写活性化に重要なヒストンH3のアセチル化 (H3Ac) が傷害前から起きている、または傷害直後に引き起こされる。一方、ヒメツリガネゴケでは、傷害に反応して転写因子STEMIN1が発現し、CYCD;1などの標的遺伝子領域に結合して、転写抑制に働くヒストンH3の27番目のリジンのメチル基 (H3K27me3) を取り除く。

Plant Biotechnology特集号

「Stem cell reformation in plants」

Volume 39, Number 1, March 2022

Preface to the special issue “Stem cell reformation in plants” Akira Iwase, Masaaki Umeda

本新学術領域の成果の一部を、Plant Biotechnology誌の特集号として刊行しました。本領域の10班(相田班、石崎班、岩瀬班、梅田班、柿本班、近藤班、下遠野班、杉山班、林班、藤田班)から寄稿され、合計11報の論文(Original paper 7報、Note 1報、Review 3報)が掲載されています。Plant Biotechnology誌は日本植物バイオテクノロジー学会が刊行している学術誌であることから、植物幹細胞研究は植物バイオテクノロジーの基盤となるという視点に立って編集しました。細胞分裂のパターン変化、オーキシン生成やブラシノステロイド応答系が幹細胞形成/新生に重要であること、他の生物との相互作用による細胞分裂再活性化など、本新学術領域研究によって明らかにされた植物幹細胞の形成と維持のメカニズムが内容に含まれています。表紙は近藤班の古谷さんの論文(Furuya et al., Plant Biotechnology 39, 65-72)から、ゼニゴケの葉状体幹細胞を捉えたものが選ばれました。

Reviews

Illuminating the molecular mechanisms underlying shoot apical meristem homeostasis in plants
Akie Shimotohno

Pericycle cell division competence underlies various developmental programs
Ye Zhang, Masaaki Umeda, Tatsuo Kakimoto

Evolution of root nodule symbiosis: Focusing on the transcriptional regulation from the genomic point of view
Kai Battenberg, Makoto Hayashi

Original Papers

Migration of prospindle before the first asymmetric division in germinating spore of *Marchantia polymorpha*
Yuuki Sakai, Takumi Higaki, Kimitsune Ishizaki, Ryuichi Nishihama, Takayuki Kohchi, Seiichiro Hasezawa

Expression of the auxin biosynthetic genes *YUCCA1* and *YUCCA4* is dependent on the boundary regulators *CUP-SHAPED COTYLEDON* genes in the *Arabidopsis thaliana* embryo
Mizuki Yamada, Shunsuke Tanaka, Tatsuya Miyazaki, Mitsuhiro Aida

Enhancement of shoot regeneration by treatment with inhibitors of auxin biosynthesis and transport during callus induction in tissue culture of *Arabidopsis thaliana*
Iwai Ohbayashi, Yuki Sakamoto, Hitomi Kuwae, Hiroyuki Kasahara, Munetaka Sugiyama

4-Phenylbutyric acid promotes plant regeneration as an auxin by being converted to phenylacetic acid via an IBR3-independent pathway
Akira Iwase, Arika Takebayashi, Yuki Aoi, David S Favero, Shunsuke Watanabe, Mitsunori Seo, Hiroyuki Kasahara, Keiko Sugimoto

Competitive action between Brassinosteroid and tracheary element differentiation inhibitory factor in controlling xylem cell differentiation
Yuki Kondo

A glycogen synthase kinase 3-like kinase MpGSK regulates cell differentiation in *Marchantia polymorpha*
Tomoyuki Furuya, Ryuichi Nishihama, Kimitsune Ishizaki, Takayuki Kohchi, Hiroo Fukuda, Yuki Kondo

Brassinosteroids are required for efficient root tip regeneration in *Arabidopsis*
Naoki Takahashi, Masaaki Umeda

Note

Abscisic acid switches cell division modes of asymmetric cell division and symmetric cell division in stem cells of protonemal filaments in the moss *Physcomitrium patens*
Akihiko Hiroguchi, Kohei Nakamura, Tomomichi Fujita



A hierarchical transcriptional network activates specific CDK inhibitors that regulate G2 to control cell size and number in Arabidopsis.

Nomoto Y, Takatsuka H, Yamada K, Suzuki T, Suzuki T, Huang Y, Latrasse D, An J, Gombos M, Breuer C, Ishida T, Maeo K, Imamura M, Yamashino T, Sugimoto K, Magyar Z, Bögre L, Raynaud C, Benhamed M, Ito M. (2022) *Nature Communications* 13, 1660.

植物の成長は、細胞増殖を続ける分裂組織が連続的に細胞を供給することにより支えられています。このような組織を構成する細胞のサイズは、比較的小さく、均一であることが知られています。一方、分裂組織から離脱した細胞の大きさは、分裂停止後の細胞成長による大きな影響を受け、最終的な分化を起す過程で固有のサイズにまで拡大します。しかし、分裂組織の細胞や最終分化した細胞のサイズがどのように決定されているのかはあまり明らかにされていません。私たちは最近、モデル植物シロイヌナズナを用いた研究から、細胞サイズの決定に重要なGRAS型転写因子SCL28を同定しました。scl28変異体の成長は野生型植物と大きくは変わることはありませんが、様々な組織や器官において細胞サイズが低下するという特徴的な表現型を示します。分裂により生じた細胞は次に分裂するまでの間、サイズを拡大し続け、分裂が起きるとサイズが半分に低下します。このため、メリステムや発生初期の葉のように活発に増殖を続ける組織の細胞サイズは、細胞の成長速度だけではなく、細胞周期による影響を受けると考えられます。SCL28はAP2型転写因子AtSMOS1とヘテロ二量体を形成することにより機能し、植物に特有なサイクリン依存性キナーゼ抑制因子として知られるSMRファミリー遺

伝子を転写活性化することを明らかにしました。実際にscl28変異体ではG2期の短縮が、SCL28過剰発現体ではG2期の延長が起きることを確認しています。細胞サイズの恒常性を説明するモデルとして、古くからinhibitor dilution modelが提案されています。このモデルで想定する細胞周期抑制因子は、細胞サイズ非依存的に発現し、細胞の体積拡大に伴って希釈されます。そして細胞が十分に大きくなり、抑制因子の濃度が一定の閾値以下に低下すると、抑制が解除され細胞周期が進行します。最近の研究から、植物の分裂組織では単細胞生物と同様な細胞自律的な細胞サイズ制御の仕組みが働いていること、またG1/S期の抑制因子KRP4がinhibitor dilution modelの抑制因子に付合する挙動を示すことが相次いで報告されました。SCL28はKRP4と共にinhibitor dilution modelの抑制因子としての性質を備えたタンパク質であり、細胞サイズの検知とG2/M期の抑制を通じて細胞サイズの決定に機能している可能性が考えられます。SCL28が細胞サイズを検知する仕組みの詳細や、分裂組織に特異的に発現するSCL28がどのようにして最終分化した細胞のサイズに影響を与えるのかについて理解することが今後の重要な課題として残されています。

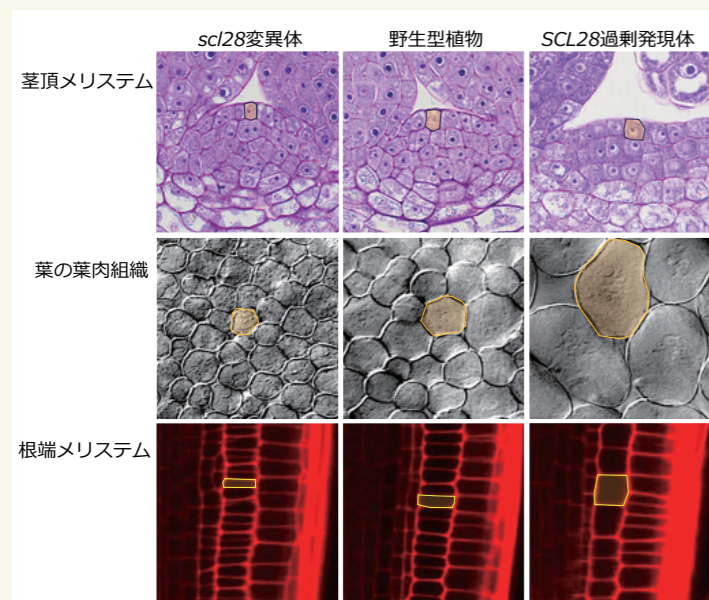


図:
scl28変異体では様々な組織において細胞のサイズが小さくなり、反対にSCL28を過剰に発現させると細胞サイズが大きくなります。茎頂や根端のメリステムのように分裂を続ける細胞だけではなく、葉の葉肉組織に見られるように最終分化した細胞のサイズもSCL28の強い影響を受けている様子がわかります。

DNA damage promotes HLA class I presentation by stimulating a pioneer round of translation-associated antigen production.

Uchihara Y, Permata TBM, Sato H, Kawabata-Iwakawa R, Katada S, Gu W, Kakoti S, Yamauchi M, Kato R, Gondhowiardjo S, Hosen N, Yasuhara T, Shibata A. (2022) *Molecular Cell*. 82, 2557-2570.

近年、DNA損傷がきっかけとなり様々な免疫分子が活性化され、DNA損傷を受けた組織内で炎症および多様な免疫応答が引き起こされることが数多く報告されている。古くから、DNA損傷を誘発する放射線照射により、細胞膜表面上のHLA Class I (HLA) の発現が上昇することは知られていたが、そのメカニズムの詳細は不明であった。HLAが異物または非自己としての抗原を提示した場合、HLAとT細胞受容体の相互作用を介して細胞傷害性T細胞が活性化され、抗原を提示した細胞は除去される。またHLAによって活性化されたT細胞はサイトカイン等を放出することで周囲の免疫環境に影響を与える。このように、DNA損傷後に引き起こされるHLAの提示は、免疫活性化に関わると考えられている。前述のように放射線照射がHLAを提示することは知られていたが、放射線照射後にどのような分子機構でHLA提示が上昇するかは不明であった。そこで我々は、部位特異的制限酵素を用いたDNA二本鎖切断 (DSB) 誘導系を用いて、HLAの提示の有無を検証した。その結果、ゲノム内に約80個のDSBを誘導するAsiSI発現細胞 (ヒト正常分化細胞) において、DSB誘導から48時間後以降にHLA提示の上昇が認められた。これらの結果から、我々はDNA損傷に伴うHLA提示を、DNA damage induced HLA (di-HLA) と命名した。HLAは小胞体内で抗原と結合し、その後ゴルジ体を経由して細胞膜表面に

輸送される。我々はdi-HLAが抗原の産生に依存しているかどうかを調べるため、免疫プロテアソームPSMB8/9/10および小胞体トランスポーターTAP1/2の必要性を検討した。その結果、PSMB8/9/10またはTAP1/2のノックダウン細胞においてdi-HLA提示は有意に低下した。したがってdi-HLA提示には抗原産生が必要であることが示唆された。次に我々は、その抗原の源となるポリペプチド合成の場として、mRNAの品質管理のために行われるパイオニアラウンド翻訳に着目した。遺伝子が転写された後、核外に移行した成熟mRNAはCBP20/CBP80複合体を介したパイオニアラウンド翻訳による品質管理チェックを受ける。CBP20ノックダウン細胞におけるdi-HLA提示を検証した結果、di-HLA提示が顕著に抑制された。この結果から、パイオニアラウンド翻訳産物由来のポリペプチドが、di-HLAにより提示される抗原の源になることが示唆された。また、DNA損傷シグナル伝達因子であるATRが起点となり、その下流でAKT-mTORC1-S6K経路を介してパイオニアラウンド翻訳が促進され、HLAの提示が誘導されることを見出した。これらの結果から、DNA損傷刺激を受けてHLAにより提示される抗原は、パイオニアラウンド翻訳に関わるということが明らかになった。今後はdi-HLAにより提示される抗原が、実際にin vivo環境下でどのようにT細胞の活性化を引き起こすかを明らかにしていく。

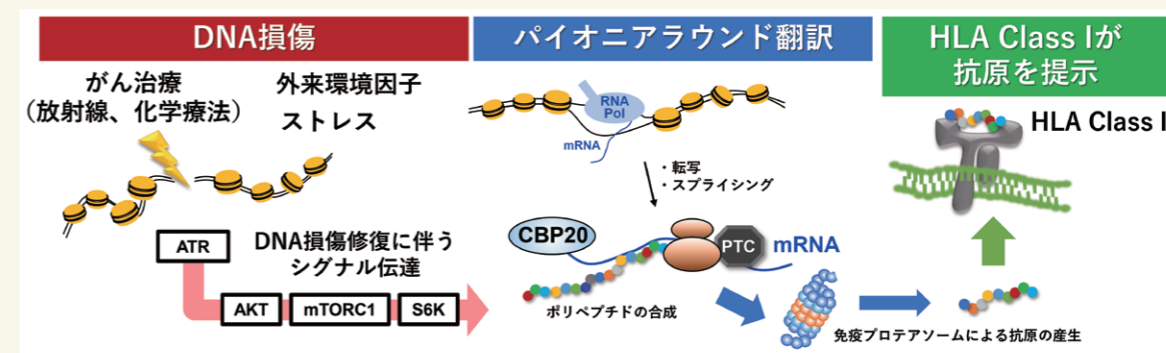


図:
DNA損傷依存性なHLA Class I提示の分子機構。DNA損傷シグナル伝達因子ATRからAKT-mTORC1-S6K経路介してパイオニアラウンド翻訳が促進され、ポリペプチドが合成される。これらのポリペプチドが抗原の源となりHLA提示が誘導される。

A PSTAIRE-type cyclin-dependent kinase controls light responses in land plants.

Bao L, Inoue N, Ishikawa M, Gotoh E, Teh OK, Higa T, Morimoto T, Ginanjar EF, Harashima H, Noda N, Watahiki M, Hiwatashi Y, Sekine M, Hasebe M, Wada M, Fujita T. (2022) *Science Advances*, 8, eabk2116.

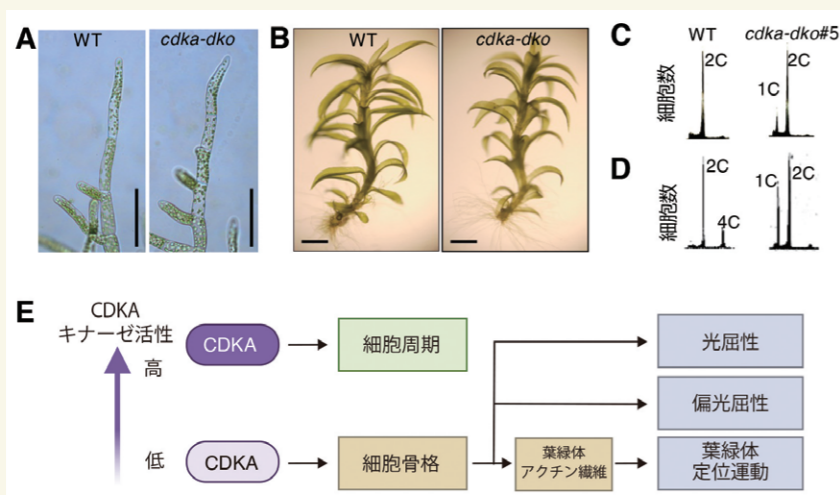
幹細胞には2つの能力、自己複製能と分化能があり、この特徴は動物でも植物でも同じです。ある幹細胞が別の種類の細胞を作り出すためには、その幹細胞が細胞周期の進行とともに細胞内に細胞小器官やタンパク質など情報分子の非対称性を作り出し、不等分裂することが知られています。こうした幹細胞の不等分裂の仕組みが動植物でどの程度共通しているのか、あるいはどの程度多様であるのかの全体像は、不等分裂の仕組みの多くがまだ謎でありよくわかっていません。

私たちは、コケ植物、ヒメツリガネゴケ (*Physcomitrium patens*) の原系体にもみられる頂端幹細胞の不等分裂に注目し研究を進めています。この過程で、細胞周期の進行と生物の生存に必須であるPSTAIRE型サイクリン依存性キナーゼ (Cdc2/CDC28/CDK1/CDKA) が、ショウジョウバエの神経前駆細胞の不等分裂に重要であるという論文に気づきました。そこでヒメツリガネゴケに2つあるPpCDKAの不等分裂における役割を、細胞周期制御に詳しい領域内の石川雅樹博士らと共同で研究することにしました。そして驚いたことにヒメツリガネゴケでは、両方のPpCDKAを完全に除外した2重遺伝子破壊変異体でも致死とはならず、細胞周期の進行に異常は見られるものの、原系体や茎葉体の形態形成はほぼ正常に進むことがわかりました (図A~D)。この結果は、PpCDKAは原系体や茎葉体にお

ける幹細胞の不等分裂に重大な働きをしていないことを示唆するものでした。

一方、この2重変異体では、光屈性や偏光屈性、葉緑体運動のいずれの光応答も異常になっていることに気がつきました。その原因をさらに調べたところ、PpCDKAが細胞周期制御とは独立に、細胞内におけるアクチン繊維の重合を局所的に制御し、原系体の頂端幹細胞の光応答に関わっている可能性を見出しました (2重変異体ではアクチン繊維と共に微小管にも異常が出ていますがその詳細についてはさらに解析が必要です)。こうして意図せぬことから、PpCDKAが光応答を制御していることを見出しました。そしてCDKAの光応答に関わる機能は、シロイヌナズナのCDKAにも保存されているらしいこともわかりました (図E)。

私たちはさらに解析を進める中で、PpCDKAは細胞周期を制御するときと光応答を制御するときでは、それぞれ異なる種類のサイクリンと複合体を作り、それぞれの場面に応じて細胞骨格を制御しているのではないかと考えるようになりました。また植物におけるCDKAと動物におけるCDK1はアミノ酸配列や細胞周期制御の機能がよく似ていることから、今後は動物でもCDK1がサイクリンパートナーを変えながら細胞骨格を調節し、細胞分裂以外の細胞内機能に重要な役割を担っている例が多く見つかるのではないかと考えています。



図：CDKAによる細胞周期制御と光応答制御
●2重遺伝子破壊体 (*cdk1-dko*) の原系体 (A)、茎葉体 (B) の形態形成は野生型 (WT) とほとんど同じである。
●原系体 (C) と茎葉体 (D) の細胞周期進行制御は2重遺伝子破壊体で異常になる。
●CDKAは細胞周期と光応答を独立に制御する (E)。

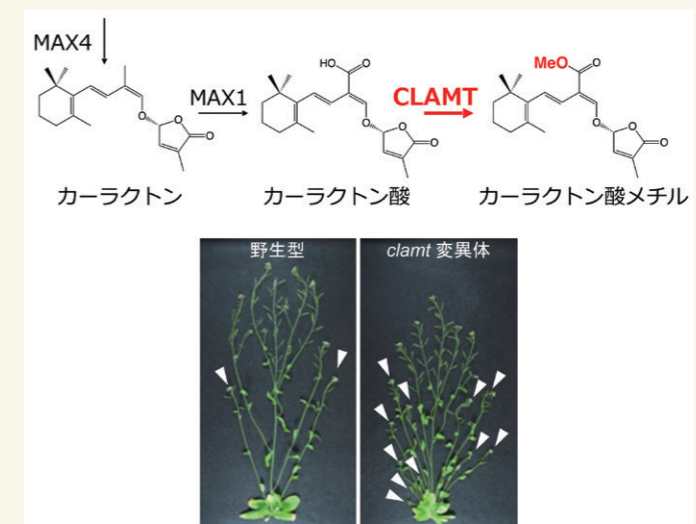
A carlactonic acid methyltransferase that contributes to the inhibition of shoot branching in Arabidopsis.

Mashiguchi K, Seto Y, Onozuka Y, Suzuki S, Takemoto K, Wang Y, Dong L, Asami K, Noda R, Kisugi T, Kitaoka N, Akiyama K, Bouwmeester H, Yamaguchi S. (2022) *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 119, e2111565119.

ストリゴラクトン (SL) はカロテノイドから生合成される植物ホルモンの一種です。SLは、腋芽幹細胞の活性を調節することにより枝分かれを抑制すると考えられますが、その詳細は分かっていません。SLは特定のメチルブテノライド構造をもつ物質の総称であり、シロイヌナズナにおいても様々なSL分子種が生合成されますが、どのSLが活性型のホルモンとして枝分かれの抑制に直接作用しているのかは分かっていません。私たちは以前に、シトクロムP450であるMAX1 (CYP711A1) が、カーラクトンをカーラクトン酸に変換する酵素であることを明らかにしました。その後、シロイヌナズナのSL様物質をLC-MS/MSで探索することにより、カーラクトン酸のメチルエステル (カーラクトン酸メチル) を発見しました。SL受容体との相互作用を *in vitro* で調べたところ、カーラクトンやカーラクトン酸はSL受容体と相互作用できないのに対して、カーラクトン酸メチルは相互作用可能であることがわかりました。以上の結果から、カーラクトン酸メチルはシロイヌナズナにおいて、ホルモンとして働くSLの一つと考えられ、カーラクトン酸のメチルエステル化を触媒する酵素の同定が待たれていました。今回、私たちは、他の植物ホルモンのメチル化酵素を多く含むSABATHファミリーに属する機能未知のメチル化酵素をスクリーニングすることにより、カーラクトン酸のメチル化酵素を同定

し、CLAMT (carlactonic acid methyltransferase) と名付けました。*clamt* 変異体は野生型と比較して枝分かれが有意に増加していたことから、CLAMTはシロイヌナズナにおける枝分かれ抑制ホルモンの合成に必要な酵素であることが明らかになりました。また、*clamt* 変異体においては、基質であるカーラクトン酸が蓄積している一方で、生成物であるカーラクトン酸メチルの内含量は顕著に減少していることが確認されました。以上の結果は、今回同定したCLAMTが、カーラクトン酸のメチル化を触媒する主要な酵素であることを示しています。

Ottoline Leyser教授らの*max*変異体を用いた接ぎ木実験により、新しい枝分かれ抑制ホルモン (SL) は根から地上部に移動可能であることが示唆されていました。一連の接ぎ木実験において、*max*変異体同士の接ぎ木 (*max1* と *max4* など) においても、地上部の枝分かれ過剰な表現型が相補される場合があることが報告されていました。この結果は、枝分かれ抑制ホルモンの「生合成中間体」が根から地上部に移動可能であるためであると推察されていました。今回、私たちは接ぎ木した植物の地上部のカーラクトンを定量分析することにより、カーラクトンが根から地上部に移動可能であることを明らかにしました。長年の仮説を、物質のレベルで証明することができたのです。



図：CLAMTが触媒する酵素反応と *clamt* 変異体の表現型
写真の矢じりは伸長したロゼット葉の腋芽 (枝分かれ) を示す。

受賞紹介

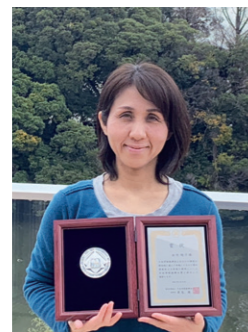
Award introduction

班員受賞者リスト

受賞者(班員)	賞名	授与団体	受賞年
山口 信次郎	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2017
榊原 均	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2017
陶山 佳久	日本森林学会賞	日本森林学会	2018
武内 秀憲	平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞	文部科学省	2018
豊岡 公徳	理研梅峰賞	国立研究開発法人理化学研究所	2018
吉田 聡子	バイオインダストリー奨励賞	日本バイオインダストリー協会	2018
陶山 佳久	森林遺伝育種学会賞	森林遺伝育種学会	2018
山口 信次郎	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2018
榊原 均	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2018
佐竹 暁子	第16回(令和元年度)日本学術振興会賞	日本学術振興会	2019
五島 剛太	第15回(平成30年度)日本学術振興会賞	日本学術振興会	2019
芦苺 基行	文部科学大臣表彰 科学技術賞	文部科学省	2019
山口 信次郎	オルケム賞 (Olchem Award)	オルケム社	2019
榊原 均	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2019
山口 信次郎	高被引用論文著者賞 (Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2019
柴田 淳史	放射線影響研究奨励賞	放射線影響協会	2020
榊原 均	ASPB Enid MacRobbie Corresponding Membership Award	American Society of Plant Biologists	2020
山口 信次郎	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2020
榊原 均	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2020
田中 若奈	日本農学進歩賞	農学会	2020
近藤 侑貴	日本植物学会奨励賞	日本植物学会	2021
梅田 正明	日本植物バイオテクノロジー学会学術賞	日本植物バイオテクノロジー学会	2021
榊原 均	高被引用論文著者賞(Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2021
鳥居 啓子	2021年度朝日賞	朝日新聞文化財団	2022
近藤 侑貴	令和4年度文部科学大臣表彰 若手科学者賞	文部科学省	2022
田中 若奈	令和4年度文部科学大臣表彰 若手科学者賞	文部科学省	2022



武内 秀憲
平成30年度科学技術分野の
文部科学大臣表彰
若手科学者賞



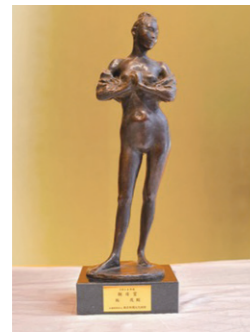
佐竹 暁子
第16回(令和元年度)日本学術
振興会賞



田中 若奈
日本農学進歩賞



梅田 正明
日本植物バイオテクノロジー
学会学術賞



鳥居 啓子
2021年度朝日賞



近藤 侑貴
日本植物学会奨励賞



田中 若奈
令和4年度文部科学大臣表彰
若手科学者賞

若手受賞者リスト

班員名	受賞者	身分(受賞時)	賞の名前	授与団体	受賞年	写真番号
伊藤(寿)	小林 利紗	M2	Best Papers賞	公益財団法人 遺伝学普及会 日本遺伝学会	2018年	6
	小林 利紗	M2	最優秀学生賞(修士課程)	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2019年	5
	飯村 秀明	M2	矢野賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2020年	3
	山口 翔	M2	最優秀学生賞(修士課程)	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2020年	4
	下保 瑤己	M2	最優秀学生賞(修士課程)	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2022年	1
	大塚 菜那	M2	矢野賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2022年	2
下遠野	中川 彩美	博士研究員	ITbM Award (2020)	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所	2020年	
藤田	菅原 駿人	M2	生命科学院優秀発表賞	北海道大学大学院生命科学院	2018年	
	汪 仁琪	M2	生命科学院優秀発表賞	北海道大学大学院生命科学院	2020年	
	宮崎 朔多	B4	優秀発表賞	北海道大学生物科学科	2022年	7
	北川 宗典	博士研究員	奨励賞	日本植物学会	2022年	8
五島	Shu Yao Leong	M2	修士論文優秀発表賞	名古屋大学大学院生命理学研究科	2019年	
	吉田 真理	M2	修士論文優秀発表賞	名古屋大学大学院生命理学研究科	2021年	
	Juyoung Kim	D3	Nakamura・Usui Prize	名古屋大学大学院生命理学研究科	2022年	9
吉田	Songkui Cui	助教	梅園賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2021年	10
	川井 友裕	D2	学生優秀発表賞	植物微生物研究会	2021年	11
	Xiang Lei	D1	1st Poster prize	The 16th World congress on parasitic plants	2022年	
	Mengqi Cui	特別研究学生	2nd Poster prize	The 16th World congress on parasitic plants	2022年	
佐藤	野坂 実鈴	助教	第138回講演会日本育種学会優秀発表賞	日本育種学会	2020年	
	手塚 拓海	M2	森島啓子プログレス賞	総合研究大学院大学 生命科学研究所 遺伝学専攻	2020年	
	手塚 拓海	D1	第28回日本育種学会中部地区談話会 優秀発表賞	日本育種学会中部地区談話会	2021年	12
	縣 歩美	博士研究員	第139回講演会日本育種学会優秀発表賞	日本育種学会	2021年	
	縣 歩美	博士研究員	第140回講演会日本育種学会優秀発表賞	日本育種学会	2021年	
	縣 歩美	博士研究員	第141回講演会日本育種学会優秀発表賞	日本育種学会	2022年	
榊原	岡本 悠希	M2	ポスター賞	日本土壤肥科学会	2017年	
	河合 美里	M1	優秀ポスター賞	植物の栄養研究会	2019年	
	田村 花	M1	優秀ポスター賞	植物の栄養研究会	2019年	
	浦上 拓也	M1	優秀ポスター賞	植物の栄養研究会	2019年	
	木羽 隆敏	准教授	Plant and Cell Physiology (PCP) Top Cited Review	日本植物生理学会	2020年	13
	木羽 隆敏	准教授	高被引用論文著者賞 (Highly Cited Researchers)	クラリベイト・アナリティクス社	2021年	
田中	大山 歩弥	B4	広島大学生物生産学部 学部長表彰	広島大学生物生産学部	2022年	14
梅田	安喜 史織	助教	第18回植物細胞周期合同セミナー 若手優秀発表者賞	植物細胞周期合同セミナー	2018年	17
	荻田 伸夫	D3	Outstanding paper award	The Plant Journal	2019年	16
	杉山 輝樹	D3	最優秀学生賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2020年	
	小田 歩美	D2	優秀学生賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2021年	18
	高橋 直紀	助教	第19回梅園賞	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域	2022年	15

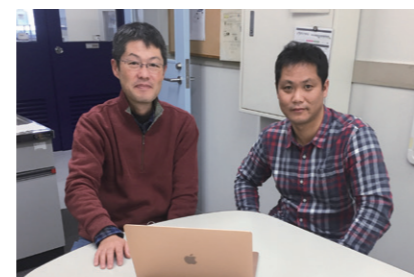
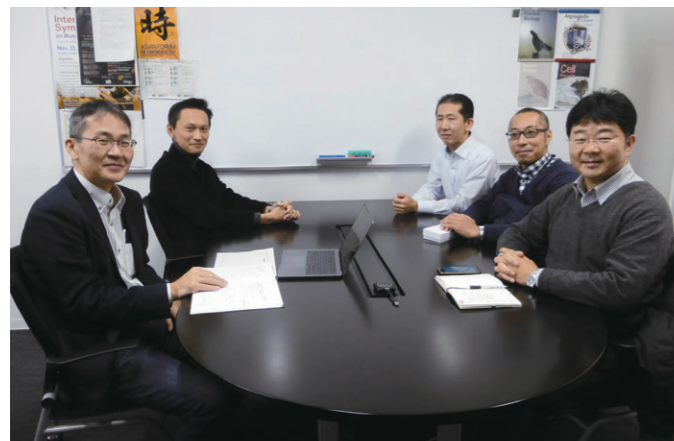


動物パートナー研究者

新学術領域研究「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理（略称：植物多能性幹細胞）」では、動物との対比から幹細胞の実体の普遍性と多様性に関する理解を深めることを目標のひとつとした。動植物の幹細胞システムの対比を積極的におこなっていくため、以下の表の通り、計画班のメンバーが常時気軽に相談できる動物幹細胞関連研究分野のパートナーを設けた。実際に、計画班とパートナー研究者でのグループミーティングも活発に開催され、各班の研究内容や動植物幹細胞の実体の普遍性と多様性に関する議論を行なった。

動物パートナー研究者リスト

計画研究代表者	パートナー研究者（所属・専門分野）
五島	木村 暁（国立遺伝学研究所・動物細胞の非対称分裂の制御機構） 齋藤 都暁（国立遺伝学研究所・ショウジョウバエの生殖細胞形成）
林	工樂 樹洋（理化学研究所生命機能科学研究センター／国立遺伝学研究所・脊椎動物のゲノム情報解析）
榊原	吉村 崇（名古屋大学大学院生命農学研究所・体内時計の研究）
山口	杉本 亜砂子（東北大学大学院生命科学研究所・線虫を用いた発生メカニズムの研究）
経塚	田村 宏治（東北大学大学院生命科学研究所・脊椎動物の四肢形成機構とその進化）
鳥居	廣田 毅（名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所・動物の概日時計の研究）
梅田	柴田 淳史（群馬大学未来先端研究機構・ヒトのDNA損傷修復経路の研究）
佐竹	三浦 恭子（熊本大学大学院生命科学研究所・ハダカテバネズミの老化耐性の制御機構） 大野 みずき（九州大学医学研究院・酸化ストレスによる核酸の酸化損傷とその修復機構）



合同シンポジウム&ワークショップ

<第1回 幹細胞研究会>
幹細胞の基本原則と特異性 ～植物と動物の比較から～

プログラム

2015年11月27日（金） 基生研・会議室

吉田松生（基生研）	● 動物研究者	石崎公庸（神戸大）	■ 植物研究者
梅田正明（奈良先端大）	■ 植物研究者	経塚淳子（東北大）	■ 植物研究者
川口正代司（基生研）	■ 植物研究者	丹羽仁史（理研CDB、熊本大発生研）	● 動物研究者
長澤丘司（京大再生研）	● 動物研究者	伊藤寿朗（奈良先端大）	■ 植物研究者



<第2回 幹細胞研究会>
幹細胞の基本原則と多様性 ～植物と動物の比較から～

プログラム

2016年11月4日（金） 神戸大学理学部 Z103 号室

打田直行（名古屋大）	■ 植物研究者	「植物の幹細胞維持にニッチは必須か？～茎頂の幹細胞の場合」
林克彦（九州大）	● 動物研究者	「多能性幹細胞から機能的な生殖細胞への分化誘導」
山口信次郎（東北大）	■ 植物研究者	「腋芽幹細胞の増殖のタイミングの制御機構」
新井文用（九州大）	● 動物研究者	「造血幹細胞の自己複製の解析」
近藤侑貴（東京大）	■ 植物研究者	「維管束幹細胞の確立から分化までを再構成する」
坪内知美（基生研）	● 動物研究者	「ES細胞の持つ多能性とゲノム恒常性を考える」
林誠（理研・CSRS）	■ 植物研究者	「植物・微生物相互作用による幹細胞新生」
中島欽一（九州大）	● 動物研究者	「胎生期抗てんかん薬暴露による遅発性学習記憶障害とその発症機序」

共催：神戸大学重点研究チーム

- ・多細胞生物の構築原理と保障機構（代表：井上邦夫） <http://www.oast.kobe-u.ac.jp/19teams/index-04.html>
- ・水環境と水圏関連光合成生物が作る統合システムの解析と応用（代表：三村徹郎） <http://www.oast.kobe-u.ac.jp/19teams/index-05.html>



<第3回 幹細胞研究会>
幹細胞の基本原則と共通性 ～植物と動物の比較から～

プログラム

2017年11月29日（水） 理化学研究所横浜キャンパス交流棟ホール

下遠野明恵（東京大学）	■ 植物研究者	「根の幹細胞形成・維持を制御する分子ネットワーク」
藤原裕展（理化学研究所）	● 動物研究者	「表皮幹細胞と周囲環境とのシグナルの双方向性」
藤田知道（北海道大学）	■ 植物研究者	「ヒメツリガネゴケの原系体幹細胞に見られる植物に特有な幹細胞制御システム」
佐田亜衣子（筑波大学）	● 動物研究者	「細胞分裂頻度の違いに着目したマウス表皮幹細胞の同定」
五島剛太（名古屋大学）	◆ 植物・動物研究者	「コケ幹細胞の非対称分裂を司る中心体様構造『ガミートソーム』の発見」
松崎文雄（理化学研究所）	● 動物研究者	「神経幹細胞の多様性により複雑脳が形成される」
長谷部光泰（基礎生物学研究所）	■ 植物研究者	「動物と植物の幹細胞化分子機構の違い」
竹内隆（鳥取大学）	● 動物研究者	「マウスとイモリを用いた再生の研究～再生能の違いは何が決めるのか？」

<第4回 幹細胞研究会>

幹細胞の基本原則と共通性 ～植物と動物の比較から～

プログラム

2018年11月7日(水) 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター 小会議室

相田光宏(熊本大学)	■ 植物研究者	「シュート幹細胞の形成機構」
鈴木美有紀(広島大学)	● 動物研究者	「有尾両生類の四肢発生・再生における形態形成因子の役割を再考する」
松永幸大(東京理科大学)	■ 植物研究者	「遺伝子プライミングによる植物再生のエピジェネティクス制御」
島崎琢也(慶應義塾大学)	● 動物研究者	「神経幹細胞に流れる時間」
岩瀬哲(理化学研究所)	■ 植物研究者	「傷害誘導性転写因子によるカルス形成と幹細胞新生」
高倉伸幸(大阪大学)	● 動物研究者	「血管内皮幹細胞の発見とその制御」
中島敬二(奈良先端科学技術大学院大学)	■ 植物研究者	「植物発生プログラムにおける多能性細胞の形成と維持」
江良沢実(熊本大学)	● 動物研究者	「間葉系幹細胞の起源と分化」



<第5回 幹細胞研究会>

1細胞解析・数理解析・メカノバイオロジー

プログラム

2019年11月19日(火) 13時30分から 東京大学本郷キャンパス理学部2号館4階大講堂

遠藤求(奈良先端大)	■ 植物研究者	『植物の1細胞解析から見てきた、概日リズムと細胞分化の関係：卵が先かニワトリが先か』
團野宏樹(Knowledge Palette)★	★ 生物全般	『細胞集団の情報を読み解く1細胞トランスクリプトーム解析』
古澤力(東大)	★ 生物全般	『数理解析を用いた幹細胞分化ダイナミクスの解析：未分化さの理解へ向けて』
藤田浩徳(基生研)	■ 植物研究者	『植物幹細胞制御の数理解析：茎頂分裂組織と気孔系譜を中心にして』
北館祐(基生研)	● 動物研究者	『精子幹細胞の数を一定に保つ仕組みの解明』
道上達男(東大)	● 動物研究者	『ツメガエル胚の領域規定における細胞張力・細胞形状の関与』
榊原恵子(立教大)	■ 植物研究者	『力学的性質の変化は細胞運命を変えるか?』
平島剛志(京大)	● 動物研究者	『メカノケミカルフィードバックによる分岐形態形成』



<第6回 幹細胞研究会(オンライン開催)>

一 幹細胞の品質管理 ～休眠・老化・死～

プログラム

第1日: 2020年11月19日(木) 14:00~17:05
第2日: 2020年11月20日(金) 14:00~17:25

西村栄美(東京医科歯科大)	● 動物研究者	「哺乳類皮膚における幹細胞の品質管理」
大谷美沙都(東京大)	■ 植物研究者	「RNA代謝が制御する植物幹細胞の品質管理」
野田口理孝(名古屋大)	■ 植物研究者	「接木の研究から探る、茎の傷修復機構」
原英二(大阪大)	● 動物研究者	「細胞老化による発がん制御」
山田泰広(東京大)	● 動物研究者	「iPS細胞技術によるがん細胞の理解と制御」
佐竹暁子(九州大)	■ 植物研究者	「野外比較トランスクリプトームから明らかとなる植物の環境応答：開花時期の多様性を生み出す受精遅延」
福山征光(東京大)	● 動物研究者	「線虫の栄養応答性休眠にともなう幹細胞静止期制御機構の解明」
辻寛之(横浜市立大)	■ 植物研究者	「フロリゲンによる植物幹細胞の生殖成長相転換」

<第7回 幹細胞研究会(オンライン開催)>

一 幹細胞制御に関わるクロマチンおよびDNA高次構造体一

プログラム

2021年12月10日(金)

平川有宇樹(学習院大)	■ 植物研究者	「植物幹細胞活性の促進因子としてのCLEペプチドの役割」
岩間厚志(東京大)	● 動物研究者	「造血幹・前駆細胞の増殖・分化におけるポリコム群複合体の機能」
玉田洋介(宇都宮大)	■ 植物研究者	「DNA損傷によって誘導される幹細胞化とその分子基盤解明のための新規イメージング法」
坪内知美(基生研)	● 動物研究者	「マウス多能性幹細胞におけるDNA複製制御」
安喜史織(奈良先端大)	■ 植物研究者	「植物ホルモンによるゲノム恒常性維持機構」
宮成悠介(金沢大)	● 動物研究者	「クロマチンダイナミクスと転写制御」
池田美穂(埼玉大)	■ 植物研究者	「転写抑制因子研究から考える植物の幹細胞性の制御」
石内崇士(山梨大)	● 動物研究者	「マウス初期発生における転写ダイナミクス」



<第59回 日本植物生理学会シンポジウム>

植物と動物における幹細胞性の維持と分化運命決定

Maintenance of stem-ness and cell fate determination in plants and animals

2018年3月29日(木)

オーガナイザー: 坪内 知美(基礎生物学研究所)、林 誠(理化学研究所)

Genome Maintenance Mechanisms in Mammalian Pluripotent Stem Cells Tomomi Tsubouchi (National Institute for Basic Biology)	● 動物研究者
Single-cell DNA replication timing profiling and the 3D genome organization dynamics during stem cell differentiation Ichiro Hiratani (RIKEN)	● 動物研究者
Induction of regeneration callus (blastema) in ANIMALS Akira Satoh (Okayama University)	● 動物研究者
Control of Chromatin Structure along Differentiation Trajectories Hirotomo Takatsuka (Nara Institute of Science and Technology)	■ 植物研究者
The formation of tuberous roots by activation of stem cell proliferation in <i>Arabidopsis thaliana</i> Takuya Sakamoto (Tokyo University of Science)	■ 植物研究者
The seasonal measurement mechanism that regulates the floral transition in <i>Arabidopsis</i> Takato Imaizumi (University of Washington)	■ 植物研究者
Florigen distribution in the shoot apical meristem during the early phase of reproductive transition Hiroyuki Tsuji (Yokohama City University)	■ 植物研究者

<第41回 日本分子生物学会年会ワークショップ>

動植物の比較から考えるゲノム恒常性維持戦略

2018年11月29日(木)

オーガナイザー：坪内 知美 (基礎生物学研究所)、梅田 正明 (奈良先端科学技術大学院大学)

複製フォーク動態を介した多能性幹細胞におけるゲノム安定性維持機構

上川泰直、坪内知美 (基生研、総研大)

● 動物研究者

植物におけるアグロバクテリウムを介したT-DNA挿入機構の解析

横井彩子、雑賀啓明 (農研機構 生物機能 先進作物ゲノム)、Lan-Ying Lee、Stanton Gelvin (Purdue大学)、土岐精一 (横浜市大・木原生研)

■ 植物研究者

Piwi-piRNAによるトランスポゾン抑制はNxf2を介した転写制御とヘテロクロマチン形成により引き起こされる

村野健作、岩崎由香、益子あかね、渋谷あおい、塩見春彦 (慶應義塾大学医学部)

● 動物研究者

植物ホルモンによるクロマチン構造変化を介したゲノム恒常性維持機構

安喜 史織、Aida Nazlyn Binti Nazari、高橋 直紀、高塚 大知、梅田 正明 (奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科)

■ 植物研究者

正常ヒト細胞のゲノム恒常性に係わるDNA損傷応答のダイナミズム

鈴木啓司 (長崎大学原爆後障害医療研究所)

● 動物研究者



<第43回 日本分子生物学会年会ワークショップ>

植物と動物の発生における非対称性創出の基盤原理の理解に向けて

2020年12月3日(木)

オーガナイザー：佐藤豊 (遺伝研)、木村暁 (遺伝研)

佐藤豊 (国立遺伝学研究所)

■ 植物研究者

イネ胚をモデルにした植物の頂部-基部方向の非対称性創出機構の解析

上田陽子 (大阪母子医療センター研究所)

● 動物研究者

子宮内圧による球形から卵円筒形への胚形態の変化がマウスの前後軸形成には必要である

植田美那子 (東北大学)

■ 植物研究者

植物における受精卵の極性化動態のライブイメージング

木村健二 (関西学院大学)

● 動物研究者

線虫受精卵における極性形成の決定因子は2種類の細胞質流動とともに動く

李聖林 (広島大学)

● 動物研究者

How the cell uses mathematics for asymmetry?



<第1回 国際シンポジウム>

Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality

Date: May 11, 2019 - May 14, 2019

Venue: Katahira Campus, Tohoku University

Keynote Speakers

Kiyokazu Agata (NIBB)

● 動物研究者

Venu Gonehal (UCR)

■ 植物研究者

Elliot Meyerowitz (Caltech)

■ 植物研究者

Gohta Goshima (Nagoya University)

◆ 植物・動物研究者

Keiko Torii (University of Washington)

■ 植物研究者

Soon-Ki Han (Nagoya University)

■ 植物研究者

Invited Speakers

Moto Ashikari (Nagoya University)

■ 植物研究者

Mitsuyasu Hasebe (NIBB)

■ 植物研究者

Magdalena Bezanilla (Dartmouth College)

■ 植物研究者

Toshinori Hayashi (Hiroshima University)

● 動物研究者

Lieven De Veylder (Ghent University)

■ 植物研究者

Kimitsune Ishizaki (Kobe University)

■ 植物研究者

Masaki Ito (Nagoya University)

■ 植物研究者

Toshiro Ito (NAIST)

■ 植物研究者

Akiko Satake (Kyushu University)

■ 植物研究者

Seisuke Kimura (Kyoto Sangyo University)

■ 植物研究者

Ross Sozzani (North Carolina State University)

■ 植物研究者

Yuki Kondo (University of Tokyo)

■ 植物研究者

Keiko Sugimoto (RIKEN CSRS)

■ 植物研究者

Ari Pekka Mähönen (University of Helsinki)

■ 植物研究者

Atsushi Suzuki (Kyusyu University)

● 動物研究者

Takashi Makino (Tohoku University)

● 動物研究者

Takuya Suzuki (University of Tsukuba)

■ 植物研究者

Aki Minoda (RIKEN IMS)

● 動物研究者

Koji Tamura (Tohoku University)

● 動物研究者

Kyoko Miura (Kumamoto University)

● 動物研究者

Tomomi Tsubouchi (NIBB)

● 動物研究者

Ken Muneoka (Texas A&M University)

● 動物研究者

Naoyuki Uchida (Nagoya University)

■ 植物研究者

Naomi Nakayama (University of Edinburgh)

■ 植物研究者

Minako Ueda (Nagoya University)

■ 植物研究者

Ryuichi Nishihama (Kyoto University)

■ 植物研究者

Xian Sheng Zhang (Shandong Agricultural University)

■ 植物研究者

Carlos Filipe Pereira (Lund University)

● 動物研究者

Yunde Zhao (UCSD)

■ 植物研究者

Mitinori Saitou (Kyoto University)

● 動物研究者

■ 植物研究者



<第2回 国際シンポジウム (オンライン開催)>

Date: April 26, 2021 - April 28, 2021

Yukiko Gotoh (University of Tokyo, Japan)

● 動物研究者

Robert Sablowski (John Innes Centre, UK)

■ 植物研究者

Tatsuo Kakimoto (Osaka University, Japan)

■ 植物研究者

Junyue Cao (Rockefeller University, USA)

● 動物研究者

Christine Beveridge (University of Queensland, Australia)

■ 植物研究者

Zhongchi Liu (University of Maryland, USA)

■ 植物研究者

Yuling Jiao (Chinese Academy of Sciences, China)

■ 植物研究者

Jia-Wei Wang (Chinese Academy of Sciences, China)

■ 植物研究者

Joo Hyeon Lee (University of Cambridge, UK)

● 動物研究者

Michael J. Scanlon (Cornell University, USA)

■ 植物研究者

Francesco Licausi (University of Oxford, UK)

■ 植物研究者

Sou Tomimoto (Kyushu University, Japan)

■ 植物研究者

Tobias Sieberer (Technical University of Munich, Germany)

■ 植物研究者

Yuta Aoyagi (Kyushu University, Japan)

■ 植物研究者

Makiko Iwafuchi (Cincinnati Children's Hospital Medical Center, USA)

■ 植物研究者

Kai Battenberg (RIKEN CSRS, Japan)

■ 植物研究者

Zach Lippman (Cold Spring Harbor Laboratory, USA)

■ 植物研究者

Teruki Sugiyama (RIKEN CSRS, Japan)

■ 植物研究者

Masaki Ishikawa (National Institute for Basic Biology, Japan)

■ 植物研究者

S. Thomas Kelly (RIKEN IMS, Japan)

■ 植物研究者

Doris Wagner (University of Pennsylvania, USA)

■ 植物研究者

Takuya Urugami (Nagoya University, Japan)

■ 植物研究者

Hiroataka Kato (Kobe University, Japan)

■ 植物研究者

Takumi Tezuka (National Institute of Genetics, Japan)

■ 植物研究者

Momoko Ikeuchi (Niigata University, Japan)

■ 植物研究者

Kodai Takemoto (Kyoto University, Japan)

■ 植物研究者

Peishan Yi (Sichuan University, China)

■ 植物研究者

Yuki Hata (Tohoku University, Japan)

■ 植物研究者

Idan Efroni (Hebrew University, Israel)

■ 植物研究者

Margaret Anne Pelayo (Nara Institute of Science and Technology, Japan)

■ 植物研究者

Tom Beeckman (Ghent University, Belgium)

■ 植物研究者

Naoki Takahashi (Nara Institute of Science and Technology, Japan)

■ 植物研究者

Ana Pombo (Max Delbrück Center for Molecular Medicine, Germany)

● 動物研究者



領域の活動 Area activities

■ 2017年度

日付	活動	場所
7月24日~25日	第一回総括班会議	理化学研究所横浜キャンパス
9月13日	「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理」(略称:植物多能性幹細胞)キックオフミーティング	東京大学本郷キャンパス・小柴ホール
11月27日~29日	第一回「植物多能性幹細胞」若手の会	神奈川県三浦半島マホロバ・マイنز
11月29日	第三回幹細胞研究会	理化学研究所横浜キャンパス
3月3日~4日	第一回領域会議・第二回総括班会議	ホテルコスモスクエア国際交流センター
3月29日	第59回日本植物生理学会年会シンポジウム「植物と動物における幹細胞性の維持と分化運命決定」	札幌コンベンションセンター

■ 2018年度

日付	活動	場所
5月20日~22日	第二回領域会議・第三回総括班会議	ラフォーレ修善寺
8月23日~24日	第一回PSAC技術講習会:蛍光イメージング	理化学研究所 横浜キャンパス
9月14日	第82回日本植物学会シンポジウム 「Apical stem cell(s): evolutionary basis for 3D body plans in land plants」	広島国際会議場
9月21日	第90回日本遺伝学会シンポジウム 「Genome Maintenance Strategies of Plants: Secret to Long Life」	奈良先端科学技術大学院大学
10月4日~6日	第二回「植物多能性幹細胞」若手の会	小豆島ふるさと村
11月7日	第四回幹細胞研究会	岡崎コンファレンスセンター
11月29日	第41回日本分子生物学会ワークショップ「動植物の比較から考えるゲノム恒常性維持戦略」	パシフィコ横浜
3月4日~5日	第三回領域会議・第四回総括班会議	名古屋大学アジア法交流館 アジアコミュニティーフォーラム
3月13日	第60回日本植物生理学会シンポジウム「幹細胞から迫る植物の生存戦略」	名古屋大学東山キャンパス

■ 2019年度

日付	活動	場所
5月11日~14日	第一回国際シンポジウム「Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality」・ 第五回総括班会議	東北大学 片平キャンパス
9月17日	第83回日本植物学会シンポジウム「The origin and evolution of plant hormones」	東北大学 川内北キャンパス
9月17日~19日	Marchantia Workshop 2019	東北大学 片平キャンパス
9月24日~25日	第二回PSAC技術講習会:シングルセルRNA-seq解析講習会	理化学研究所・横浜キャンパス
10月28日~30日	第三回「植物多能性幹細胞」若手の会	熱海ニューフジヤホテル
11月19日	第五回幹細胞研究会	東京大学理学部2号館講堂
12月4日	第42回日本分子生物学会ワークショップ「細胞分化:エピソード制御」	福岡国際会議場
3月20日	第61回日本植物生理学会シンポジウム「幹細胞に対するオーキシンの作用の二面性」	(年会中止)
3月30日~31日 (中止)	第四回領域会議(中止)	要旨集のみ作成

■ 2020年度

日付	活動	場所
7月13日~17日	第四回領域会議・第五回総括班会議	オンライン
9月19日	第84回日本植物学会シンポジウム「Cell fate regulation via cell-cell communication」	オンライン
11月19日~20日	第六回幹細胞研究会	オンライン
12月3日	第43回日本分子生物学会年会ワークショップ 「植物と動物の発生における非対称性創出の基盤原理の理解に向けて」	オンライン
12月15日~17日	第四回「植物多能性幹細胞」若手の会	オンライン
3月8日	第六回総括班会議	オンライン
3月14日	第62回日本植物生理学会年会シンポジウム 「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」	オンライン
3月25日~26日	第五回領域会議	オンライン

■ 2021年度

日付	活動	場所
4月26日~28日	第二回国際シンポジウム 「Secrets of stem cells underlying longevity and persistent growth in plants」	オンライン
8月2日~3日	共焦点レーザー顕微鏡オンライン技術講習会	オンライン
9月18日	第85回日本植物学会シンポジウム「植物の個性性-植物にとって「個体」とは何か」	オンライン
9月19日	日本植物学会第85回大会シンポジウム「Inflorescence development and diversity in grasses」	オンライン
11月24日~25日	第五回「植物多能性幹細胞」若手の会	オンライン
12月1日	第44回日本分子生物学会年会ワークショップ 「細胞間コミュニケーションのあり方から問い直す動物と植物の多細胞体制」	パシフィコ横浜・オンライン
12月2日	第44回日本分子生物学会ワークショップ「植物の個性性-植物にとって「個体」とは何か」	パシフィコ横浜・オンライン
12月10日	第七回幹細胞研究会	オンライン
3月4日~5日	第六回領域会議・第七回総括班会議	オンライン
3月23日	第63回日本植物生理学会年会シンポジウム「植物幹細胞の特性の理解に向けて」	オンライン



第一回総括班会議



第二回国際シンポジウムの様子(オンライン)

領域内共同研究論文

・林(計画研究)-経塚(計画研究)

Bowman JL et al., (2017) Insights into land plant evolution garnered from the *Marchantia polymorpha* genome. *Cell*, 171, 287-304.

・山口(計画研究)-経塚(計画研究)-吉田(公募研究)

Ito et al., Regulation of Strigolactone Biosynthesis by Gibberellin Signaling. (2017) *Plant Physiol.*, 174, 1250-1259.

・山口(計画研究)-榊原(計画研究)

Kuroha T et al., (2018) Ethylene-gibberellin signaling underlies adaptation of rice to periodic flooding. *Science*, 361, 181-186.

・鳥居(計画研究)-木村(公募研究)

Uchida N et al., (2018) Chemical hijacking of auxin signaling with an engineered auxin-TIR1 pair. *Nat. Chem. Biol.*, 14, 299-305.

・榊原(計画研究)-伊藤(寿)(公募研究)

Yamaguchi N et al., Chromatin-mediated feed-forward auxin biosynthesis in floral meristem determinacy. (2018)*Nat. Commun.*, 9, 5290.

・西浜(公募研究)-嶋田(公募研究)

Sugano et al. (2018) Efficient CRISPR/Cas9-based genome editing and its application to conditional genetic analysis in *Marchantia polymorpha*. *PLoS One*, 31, e0205117.

・榊原(計画研究)-伊藤(寿)(公募研究)

Xu Y et al., SUPERMAN regulates floral whorl boundaries through control of auxin biosynthesis. (2018)*EMBO J.*, 37, e97499.

・山口(計画研究)-経塚(計画研究)

Seto Y et al., Strigolactone perception and deactivation by a hydrolase receptor DWARF14. (2019)*Nat. Commun.*, 10, 191.

・鳥居(計画研究)-林(計画研究)-西浜(公募研究)

Hirakawa Y et al., Control of proliferation in the haploid meristem by CLE peptide signaling in *Marchantia polymorpha*. (2019)*PLoS Genet.*, 15, e1007997.

・経塚(計画研究)-伊藤(正)(公募研究)

Luo L et al., Developmental analysis of the early steps in strigolactone-mediated axillary bud dormancy in rice. (2019)*Plant J.*, 97, 1006-1021.

・梅田(計画研究)-榊原(計画研究)-経塚(計画研究)-林(計画研究)-西浜(公募研究)

Aki SS et al., Cytokinin signaling is essential for organ formation in *Marchantia polymorpha*. (2019)*Plant Cell Physiol.*, 60, 1842-1854.

・榊原(計画研究)-榊原(芦苳)(計画研究)

Minami et al., Time-Course Transcriptomics Analysis Reveals Key Responses of Submerged Deepwater Rice to Flooding (2018)*Plant Physiol.*, 176, 3081-3102.

・北口(公募研究)-伊藤(寿)(公募研究)

Arai et al., RGB-Color Intensiometric Indicators to Visualize Spatiotemporal Dynamics of ATP in Single Cells (2018)*Angew. Chem. Int. Ed.* 57, 10873-10878.

・柿本(公募研究)-澤(公募研究)

Qian et al., The CLE9/10 secretory peptide regulates stomatal and vascular development through distinct receptors (2018)*Nature Plants* 4, 1071-1081.

・林(計画研究)-藤田(公募研究)

Yokota et al., Occurrence of brassinosteroids in non-flowering land plants, liverwort, moss, lycophyte and fern (2017)*Phytochemistry* 136, 46-55.

・梅田(計画研究)-伊藤(正)(公募研究)

Chen et al., *Arabidopsis* R1R2R3-Myb proteins are essential for inhibiting cell division in response to DNA damage (2017)*Nature Commun.* 8, 635.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)-榊原(恵)(公募研究)

Higo et al., Transcription factor DUO1 generated by neo-functionalization is associated with evolution of sperm differentiation in plants (2018)*Nature Plants* 9, 5283.

・山口(計画研究)-榊原(均)(計画研究)

Fujikura et al., Variation in Splicing Efficiency Underlies Morphological Evolution in *Capsella* (2018)*Dev. Cell* 44, 192-203.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)

Yamaoka et al., Generative Cell Specification Requires Transcription Factors Evolutionarily Conserved in Land Plants (2018)*Curr. Biol.* 28, 479-486.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)

Eklund et al., An evolutionary conserved abscisic acid signaling pathway regulates dormancy in the liverwort *Marchantia polymorpha* (2018)*Curr. Biol.* 28, 3691-3699.

・鳥居(計画研究)-榊原(均)(計画研究)

Yamazaki et al., Suppression of DELLA signaling induces procambial cell formation in culture. (2018)*Plant J.* 94, 48-59.

・山口(計画研究)-経塚(計画研究)

Li et al., The karrikin receptor KAI2 promotes drought resistance in *Arabidopsis thaliana* (2017)*PLoS Genet.* 13, e1007076.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)

Otani et al., An evolutionarily conserved NIMA-related kinase directs rhizoid tip growth in the basal land plant *Marchantia polymorpha* (2018)*Development* 145, dev154617.

・有村(公募)-林(計画研究)

Nagaoka et al., DRP3 and ELM1 are required for mitochondrial fission in the liverwort *Marchantia polymorpha* (2017)*Sci. Rep.* 7, 4600.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)

Kato et al., The role of the sole activator-type Auxin Response Factor in pattern formation of *Marchantia polymorpha* (2017)*Plant Cell Physiol.* 58, 1642-1651.

・榊原(計画研究)-藤田(公募研究)-経塚(計画研究)

Kitagawa et al., Abscisic acid acts as a regulator of molecular trafficking through plasmodesmata in the moss *Physcomitrella patens* (2019)*Plant Cell Physiol.* 60, 738-751.

・榊原(均)(計画研究)-岩瀬(公募研究)

Iwase et al., WIND1 induces dynamic metabolomic reprogramming during regeneration in *Brassica napus* (2018)*Dev. Biol.* 442, 40-52.

・林(計画研究)-西浜(公募研究)

Kondou et al., Physiological function of photoreceptor UVR8 in UV-B tolerance in the liverwort *Marchantia polymorpha* (2019)*Planta* 249, 1349-1364.

・梅田(計画研究)-西浜(公募研究)

Aki et al., (2019) Cytokinin signaling coordinates development of diverse organs in *Marchantia polymorpha*. *Plant Signal. Behav.*, 14, 1668232.

・吉田(公募研究)-榊原(計画研究)-山口(計画研究)

Yoshida et al., (2019) Genome Sequence of *Striga asiatica* Provides Insight into the Evolution of Plant Parasitism. *Curr. Biol.*, 29, 3041-3052.

・石崎(計画研究)-澤(公募研究)-豊岡(計画研究)

Hiwatashi et al., (2019) The RopGEF KARAPPO is Essential for the Initiation of Vegetative Reproduction in *Marchantia polymorpha*. *Curr. Biol.*, 29, 3525-3531.

・石崎(計画研究)-西浜(公募研究)

Yasui et al., (2019) GEMMA CUP-ASSOCIATED MYB1, an Ortholog of Axillary Meristem Regulators, Is Essential in Vegetative Reproduction in *Marchantia polymorpha*. *Curr. Biol.*, 29, 3987-3995.

・経塚(計画研究)-西浜(公募研究)-石崎(計画研究)-豊岡(計画研究)

Naramoto et al., (2019) A conserved regulatory mechanism mediates the convergent evolution of plant shoot lateral organs. *PLoS Biology*, 17, e3000560.

・佐藤(計画研究)-遠藤(公募研究)

Tonosaki et al., (2020) Mutation of the imprinted gene OsEMF2a induces autonomous endosperm development and delayed cellularization in rice. *Plant Cell*, 33, 85-103.

・佐藤(計画研究)-津田(公募研究)

Shimizu-Sato et al., (2020) Agrobacterium-mediated genetic transformation of wild *Oryza* species using immature embryos. *Rice*, 13, 33.

・木村(公募研究)-榊原(計画研究)-岩瀬(公募研究)-池内(公募研究)

Amano et al., (2020) Molecular Basis for Natural Vegetative Propagation via Regeneration in North American Lake Cress, *Rorippa aquatica* (Brassicaceae). *Plant Cell Physiol.*, 61, 353-369.

・木村(公募研究)-梅田(計画研究)

Okamoto Yoshiyama et al., (2020) SUPPRESSOR OF GAMMA RESPONSE 1 acts as a regulator coordinating crosstalk between DNA damage response and immune response in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.*, 103, 321-340.

・山口(計画研究)-豊岡(計画研究)

Li et al., (2020) Comparative functional analyses of DWARF14 and KARRIKIN INSENSITIVE 2 in drought adaptation of *Arabidopsis thaliana*. *PLANT J.*, 103, 111-127.

・榊原(計画研究)-芦苳(計画研究)

Fukushima et al., (2020) Metabolite and Phytohormone Profiling Illustrates Metabolic Reprogramming as an Escape Strategy of Deepwater Rice during Partially Submerged Stress. *Metabolites*, 10, 68.

・近藤(計画研究)-豊岡(計画研究)

Tamaki et al., (2020) VISUAL-CC system uncovers the role of GSK3 as an orchestrator of vascular cell type ratio in plants. *Commun Biol.*, 3, 184.

・石崎(計画研究)-西浜(公募研究)

Kato et al., (2020) Design principles of a minimal auxin response system. *Nat. Plants*, 6, 473-482.

・榊原(計画研究)-芦苳(計画研究)

Agata et al., (2020) Diverse panicle architecture results from various combinations of *Pri5/GA20ox4* and *Pbi6/APO1* alleles. *Commun Biol.*, 3, 302.

・岩瀬(公募研究)-池内(公募研究)

Coleman et al., (2020) The SUMO E3 ligase SIZ1 negatively regulates shoot regeneration. *Plant Physiol.*, 184, 330-344.

・鳥居(計画研究)-打田(計画研究)-公募研究)

Nishimura et al., (2020) A super sensitive auxin-inducible degron system with an engineered auxin-TIR1 pair. *Nucleic Acids Res.*, 48, e108.

・石崎(計画研究)-打田(計画研究)-公募研究)-澤(公募研究)-西浜(公募研究)

Hirakawa et al., (2020) Induction of Multichotomous Branching by CLAVATA Peptide in *Marchantia polymorpha*. *Curr. Biol.*, 30, 3833-3840.

・木村(公募研究)-榊原(計画研究)

Amano et al., (2020) Molecular and biochemical differences in leaf explants and the implication for regeneration ability in *Rorippa aquatica* (Brassicaceae). *Plants*, 9, 1-15.

・鳥居(計画研究)-打田(計画研究)-公募研究)

Kawamoto et al., (2020) A Peptide Pair Coordinates Regular Ovule Initiation Patterns with Seed Number and Fruit Size. *Curr. Biol.*, 30, 4352-4361.

・梅田(計画研究)-豊岡(計画研究)

Watanabe et al., (2020) The *Arabidopsis* NRT1/PTR FAMILY Protein NPF7.3/NRT1.5 is an Indole-3-butyric Acid Transporter Involved in Root Gravitropism. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 117, 31500-31509.

・芦苳(計画研究)-榊原(計画研究)-佐藤(計画研究)

Nagai et al., (2020) Antagonistic regulation of the gibberellic acid response during stem growth in rice. *Nature*, 584, 109-114.

・相田(公募研究)-打田(計画研究)-公募研究)

Fujihara et al., (2021) The boundary-expressed *EPIDERMAL PATTERNING FACTOR-LIKE2* gene encoding a signaling peptide promotes cotyledon growth during *Arabidopsis thaliana* embryogenesis. *Plant Biotechnol.*, 38, 317-322.

・梅田(計画研究)-池内(公募研究)-石川(公募研究)-伊藤(寿)(公募研究)-西浜(公募研究)-経塚(計画研究)-鳥居(計画研究)-佐竹(計画研究)-五島(計画研究)-榊原(計画研究)

Umeda et al., (2021) Plant stem cell research is uncovering the secrets of longevity and persistent growth. *PLANT J.*, 106, 326-335.

・吉田(公募研究)-豊岡(計画研究)

Masumoto et al., (2021) Three-dimensional reconstructions of haustoria in two parasitic plant species in the Orobanchaceae. *Plant Physiol.*, 185, 1429-1442.

・経塚(計画研究)-石崎(計画研究)

Mizuno et al., (2021) Major components of the KARRIKIN INSENSITIVE2-dependent signaling pathway are conserved in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *Plant Cell*, 33, 2395-2411.

・梅田(計画研究)-榊原(計画研究)-西浜(公募研究)

Takahashi et al., (2021) Alterations in hormonal signals spatially coordinate distinct responses to DNA double-strand breaks in *Arabidopsis* roots. *Science Advances*, 7, eabg0993.

・杉山(公募研究)-岩瀬(公募研究)-池内(公募研究)

Morinaka et al., (2021) Transcriptome dynamics of epidermal reprogramming during direct shoot regeneration in *Torenia fournieri*. *Plant Cell Physiol.*, 62, 1335-1354.

・岩瀬(公募研究)-近藤(計画研究)-池内(公募研究)

Iwase et al., (2021) WIND transcription factors orchestrate wound-induced callus formation, vascular reconnection and defense response in *Arabidopsis*. *New Phytol.*, 232, 734-752.

・伊藤(寿)(公募研究)-佐竹(計画研究)

Yamaguchi et al., (2021) H3K27me3 demethylases alter HSP22 and HSP17.6C expression in response to recurring heat in *Arabidopsis*. *Nat. Commun.*, 12, 1-16.

・相田(公募研究)-澤(公募研究)

Imoto et al., (2021) ClearSee-based clearing protocol for 3D visualization of *Arabidopsis thaliana* embryos. *Plants*, 10, 190.

・近藤(計画研究)-佐竹(計画研究)

Furuya et al., (2021) Gene co-expression network analysis identifies BEH3 as a stabilizer of secondary vascular development in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 33, 2618-2636.

・経塚(計画研究)-佐藤(計画研究)

Kusnandar et al., (2022) *NARROW AND DWARF LEAF 1*, the Ortholog of *Arabidopsis ENHANCER OF SHOOT REGENERATION1/DORN RÖSCHEN*, Mediates Leaf Development and Maintenance of the Shoot Apical Meristem in *Oryza sativa* L. *Plant Cell Physiol.*, 15, 265-278.

・池内(公募研究)-豊岡(計画研究)-岩瀬(公募研究)

Ikeuchi et al., (2022) Wound-inducible WUSCHEL RELATED HOMEBOX 13 is required for callus growth and organ reconnection. *Plant Physiol.*, 188, 425-441.

・藤田(公募研究)-石川(公募研究)

Bao et al., (2022) A PSTAIRE-type cyclin-dependent kinase controls light responses in land plants. *Science Advances*, 8, eabk2116.

・池内(公募研究)-岩瀬(公募研究)

Lambolez et al., (2022) Warm Temperature Promotes Shoot Regeneration in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.*, 63, 618-634.

・西浜(公募研究)-榊原(計画研究)

Ishida et al., (2022) Diminished auxin signaling triggers cellular reprogramming by inducing a regeneration factor in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *Plant Cell Physiol.*, 63, 384-400.

・石崎(計画研究)-西浜(公募研究)

Sakai et al., (2022) Migration of prospindle before the first asymmetric division in germinating spore of *Marchantia polymorpha*. *Plant Biotechnol.*, 39, 5-12.

・近藤(計画研究)-西浜(公募研究)-石崎(計画研究)

Furuya et al., (2022) A glycogen synthase kinase 3-like kinase MpGSK regulates cell differentiation in *Marchantia polymorpha*. *Plant Biotechnol.*, 39, 65-72.

・鳥居(計画研究)-木村(公募研究)

Han et al., (2022) Deceleration of the cell cycle underpins a switch from proliferative to terminal divisions in plant stomatal lineage. *Dev. Cell*, 57, 569-582.

・柿本(公募研究)-梅田(計画研究)

Zhang et al., (2022) Pericycle cell division competence underlies various developmental programs. *Plant Biotechnol.*, 39, 29-36.



本領域では、領域代表が計画研究代表者・分担者、公募研究代表者の研究室を訪問するサイトビジットを行いました。

2017年



11月15日 佐竹 暁子

2018年



6月19日 荒井 亜希子 豊岡 公徳 岩瀬 哲



6月20日 近藤 侑貴 有村 慎一 杉山 宗隆



8月8日 榊原 恵子 遠藤 真咲

2018年



8月9日 経塚 淳子 山口 信次郎



9月25日 石崎 公庸 柿本 辰男



9月26日 伊藤 寿朗 吉田 聡子 嶋田 知生 西浜 竜一 木村 成介

2018年



11月7日 坪内 知美 石川 雅樹



11月8日 伊藤 正樹 芦刈 基行 榊原 均



11月9日 鳥居 啓子 武内 秀憲



12月18日 佐藤 豊 津田 勝利

2020年



11月17日 藤田 知道



11月25日 相田 光宏



11月27日 打田 直行



12月1日 池内 桃子



12月4日 田中 若奈



12月9日 下遠野 明恵

2021年



11月17日 津田 勝利



1月12日 岩瀬 哲



8月10日 杉山 宗隆



8月12日 西浜 竜一



8月27日 柿本 辰男



8月31日 石川 雅樹

2021年



9月2日 伊藤 寿朗



10月28日 榊原 均



11月1日 五島 剛太 佐藤 豊



11月17日 鳥居 啓子 近藤 侑貴 林 誠 石崎 公庸

2021年



11月19日 山口 信次郎



11月22日 佐竹 暁子

2022年



12月1日 坪内 知美 柴田 淳史

豊岡 公徳 理化学研究所環境資源科学研究センター

コロナ禍になり、若手の会や領域会議で集まる機会が激減し、若手の交流ができなくなりました。梅田領域代表が危惧し、学生や博士研究員主体としたオンライン交流会を行うことになりました。オンライン会議で交流するのも難しいもので、どんなメンバーで集まるのが良いか、どんな内容を話し合うのが良いか、頭を悩ませました。まずは、ポスドク・助教・講師、博士課程、卒研&修士課程、英語のグループに分け、各グループ月1回程度 水曜の夜8時ごろから、Zoom会議を用いて交流会を開きました。3~4人で集まることが多く、ほとんどは自己紹介や雑談でしたが、研究の話やラ

ボの話、就活や私生活の話など色々な情報交換ができたかと思えます。若手の会(オンライン開催)の前打ち合わせのような会にも発展し、自己紹介スライドを作ってブレイクアウトルームに分かれて交流し、研究や就職、私生活など先生が居たら話せない話などで盛り上がったのではないかと思います。毎週1回の開催は私にとって少し気が重かったですが、話し終えると充実感があり、若手の会までの繋ぎの集まりとしては実りがあるものとなったかと思えます。

<若手オンライン交流会開催記録>

2021.4.7	20時~: ポスドク	2021.6.23	20時~: ポスドク
2021.4.14	20時~: 博士	2021.6.30	20時~: 英語
2021.4.21	20時~: 学部修士博士	2021.7.28	20時~: 英語
2021.5.26	20時~: 英語	2021.9.1	20時~: ポスドク
2021.6.11	20時~: 学部修士博士	2021.9.29	20時~: 英語

■ 後日談(編集者追記)

2022年9月17日~19日に日本植物学会年会在3年ぶりにオンサイトで開催されました。この際、上記の若手オンラインで集まり面識を深めたメンバー(修士・博士課程・ポスドク)10名程度が、対面での交流会を自主的に開催していたそうです。オンラインでの交流会セッティングにご尽力いただいた豊岡先生のご苦勞も、十分報われたのではないのでしょうか。



■ 2017年度

班員	派遣/招聘	身分	場所	活動内容
五島	派遣	PI	米国・ウッズホール海洋生物学研究所	共同実験
石崎	派遣	PI	メキシコ https://www.uv.mx/inbioteca/editbio2017-1/	技術指導
佐竹	派遣	学生	イギリス・ケンブリッジ大学	共同実験
坪内	招聘	学生	基礎生物学研究所	共同実験
坪内	招聘	PI	基礎生物学研究所	共同実験
佐藤 豊	派遣	PI	米国フロリダ大学	共同実験
佐藤 豊	招聘	Dr Masaharu Suzuki	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	派遣	PI	米国フロリダ大学	共同実験
経塚	派遣	PD、学生	中国、上海交通大学	共同実験
榊原	招聘	学生	名古屋大学	共同実験
榊原	招聘	学生	名古屋大学	共同実験・技術習得
鳥居(打田)	派遣	教員1、PD2、学生1	シアトルラボ	共同研究打合せ
近藤	招聘	学生	東京大学	インターンシップ受け入れ、実験指導
林	招聘	学生	理化学研究所	共同実験
石崎	招聘	学生	神戸大学	共同実験、実験指導

■ 2018年度

班員	派遣/招聘	身分	場所	活動内容
榊原	招聘	PI	名古屋大学	共同実験
経塚	派遣	学生	中国、南京農業大学	共同実験
鳥居	派遣	PI	シアトルラボ	共同研究の実施
五島	派遣	PI、ポスドク、学生2	米国・ウッズホールMBL	共同実験
五島	招聘	ポスドク	名古屋大学	共同実験
五島	派遣	学生	Dartmouth College, M. Bezanilla研	共同研究
佐藤 豊	招聘	Dr Naomi Ori	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	招聘	Dr Insun Yoon	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	招聘	Dr Masaharu Suzuki	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	招聘	Dr Stephan Juvenic	国立遺伝学研究所	共同研究打合せ
佐藤 豊	招聘	Dr Pierre Larmande	国立遺伝学研究所	共同研究打合せ
梅田	招聘	学生	奈良先端大	共同研究の実施
梅田	招聘	PI	奈良先端大	共同研究打合せ
梅田	招聘	PI	奈良先端大	共同研究打合せ
梅田	招聘	PI	奈良先端大	共同研究打合せ
陶山	派遣	PI	スウェーデン・ウプサラ大学	共同研究打合せ
陶山	派遣	PI	ニューカレドニア・Institut Agronomique néo-Calédonien	共同調査
陶山	招聘	PD	東北大学	共同実験
陶山	招聘	PI	東北大学	共同実験
陶山	派遣	PI	メキシコ・メキシコ自治大学	共同実験

陶山	派遣	PI、学生	ニューカレドニア・Institut Agronomique néo-Calédonien	共同調査
陶山	招聘	PI	東北大学	共同研究打合せ
陶山	派遣	PI	ラオス・ラオス国立大学	共同調査
陶山	派遣	PI	中国・西南大学	共同調査

■ 2019年度

班員	派遣/招聘	身分	場所	活動内容
五島	派遣	PI	米国・ウッズホールMBL	共同実験
五島	派遣	助教	米国・ウッズホールMBL	共同実験
五島	派遣	学生	米国・ウッズホールMBL	共同実験
五島	派遣	PI	タイ・プリンスオブソクラー大学	技術習得
佐竹	招聘	ポスドク	九州大学	共同研究・データ解析
山口	招聘	学生	京都大学	実験指導
山口	招聘	学生	京都大学	実験指導
石崎	派遣	PI	豪国・モナッシュ大学	技術指導・共同研究
石崎	派遣	PI・学生	テマセク生命科学研究所	共同研究打合せ
榊原	招聘	PI	名古屋大学	共同実験
榊原	招聘	PI	名古屋大学	共同研究等
佐竹	派遣	学生	ユトレヒト大学	共同研究
佐竹	招聘	PI	九州大学	共同研究
陶山	派遣	PI、ポスドク	タイ・カセサート大学	共同実験
陶山	派遣	PI、学生	ラオス・ラオス国立大学	共同調査
陶山	招聘	PI、学生	東北大学	共同実験
陶山	派遣	PI	ニューカレドニア・Institut Agronomique néo-Calédonien	共同調査
陶山	派遣	PI	ベトナム・Vietnam Academy of Science and Technology	共同調査
陶山	派遣	PI	ラオス・ラオス国立大学	共同調査
陶山	招聘	PI	東北大学	共同研究打合せ
経塚	招聘	John Bowmann	東北大学	コケミーティング
経塚	招聘	Elliot Meyerowitzら	東北大学	国際シンポ
経塚	招聘	David Jackson	東北大学	国際シンポ
経塚	派遣	Yunde Zhao	東北大学	国際シンポ
経塚	招聘	PI、学生	東北大学	共同研究打合せ
佐藤 豊	招聘	Dr Insun Yoon	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	招聘	Dr Masaharu Suzuki	国立遺伝学研究所	共同実験
佐藤 豊	派遣	PI	米国フロリダ大学	共同実験

■ 2020年度・・・新型コロナウイルス感染症の影響で実施できず

■ 2021年度

班員	派遣/招聘	身分	場所	活動内容
榊原	招聘	ポスドク	チェコ科学アカデミー	共同研究

グループミーティング・アウトリーチ活動 Group meetings and outreach activities

■ グループミーティング

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
活動回数	15	36	40	31	15



2017年度 グループミーティング



2018年度 グループミーティング

■ アウトリーチ活動

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
活動回数	13	46	39	11	15



2017年度 理化学研究所一般公開2017



2018年度 TOKYO TECH OPEN CAMPUS (北口哲也先生)



2019年度 名大MIRAI GSC (榊原班)



2019年度 SSH生の受入 (伊藤班)

**Quiz: 植物研究を支える技術
顕微鏡写真クイズ**

私たちは、顕微鏡技術を活用し環境資源科学の研究を進めています。
ここでは、これまで顕微鏡で撮影した写真を使って、クイズ30問を出題します！

問題の説明
全部で30問のクイズを準備しました。基本的に3択問題です。はじめの3問は、どの顕微鏡で撮った写真か当てるクイズです。続いて、何の写真か当てるやさしいクイズが10問、むずかしいクイズが10問あります。最後の7問は題むずかしいクイズとなります。初回時間や正解数を自動でワットするシステムはありませんので、気分もむくまに選んでみてください。(小学生はお父さんお母さんと一緒にどうぞ。)

2020年度 オンラインを活用したクイズ形式の顕微鏡技術紹介 (理研・豊岡 公徳)



2021年度 高校生向けゼミナール (梅田班)

**みなさんご存じでしたか?
名古屋大学豊島臨海実験所のこと**

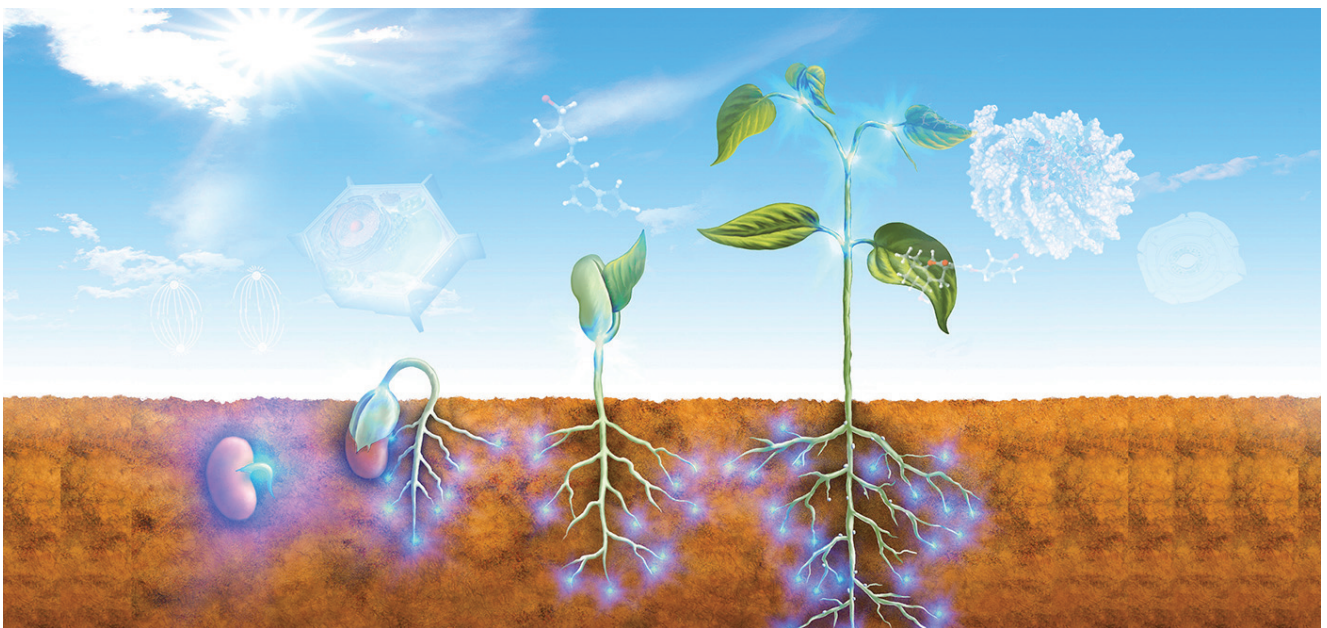
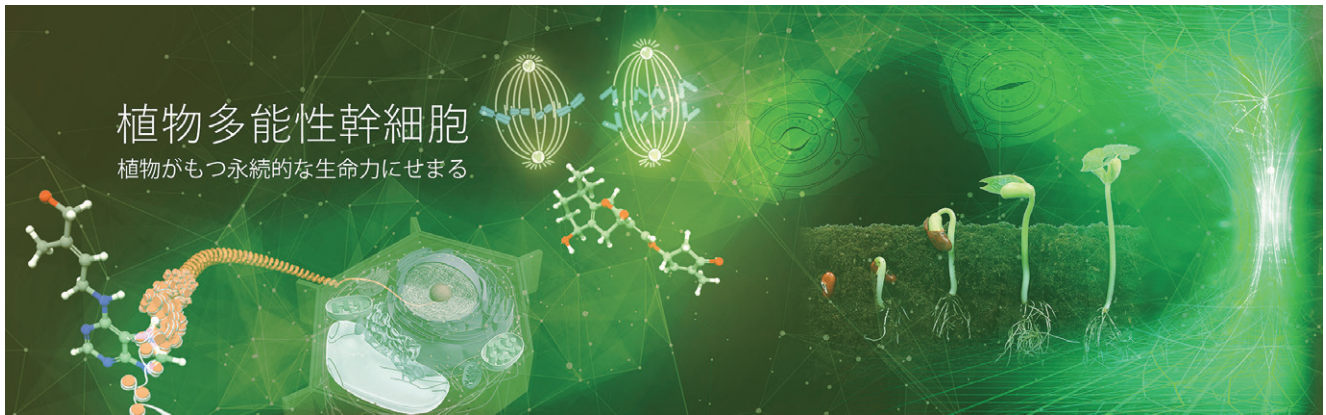
2021年度「広報とば」での研究紹介 (五島班)



平成 29~33 年度 文部科学省科学研究費助成事業
新学術領域研究「植物多能性幹細胞」

植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理

Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN



JAPAN SOCIETY FOR THE PROMOTION OF SCIENCE
日本学術振興会

新学術領域研究「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理」

新学術領域研究

「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理」ニュースレター 最終号

2022年10月 発行

編集人 佐藤 豊

発行人 梅田 正明

発行所 大学共同利用機関法人 情報システム研究機構

国立遺伝学研究所 植物遺伝研究室

佐藤 豊 TEL : 055-981-6808 E-mail : yusato@nig.ac.jp

FAX : 055-981-6879

領域ホームページ

<https://www.plant-stem-cells.jp/>