

領域略称名：環境記憶統合
領域番号：3706

植物の成長可塑性を支える環境認識と記憶の
自律分散型統御システム

平成 27 年度～令和元年度

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）

（新学術領域研究（研究領域提案型））

研究成果報告書

令和 5 年 6 月 1 日

領域代表者 木下 俊則

名古屋大学・理学研究科（WPI）・教授

目 次

研究組織

1 総括班・総括班以外の計画研究	2
2 公募研究	3

研究領域全体に係る事項

3 交付決定額	7
4 研究領域の目的及び概要	8
5 本領域の主な成果	10
6 研究発表の状況	15
7 研究組織の連携体制	20
8 当該学問分野及び関連学問分野への貢献の状況	21
9 若手研究者の育成に関する取組実績	22
10 その他	23

研究組織

1 総括班・総括班以外の計画研究

研究項目[1]	課題番号 研究課題名	研究期間	研究代表者 氏名	所属研究機関・部局・職	人数 [2]
X00 総	15H05955 植物の成長可塑性を支える環境認識と記憶の自律分散型統御システム	平成27年度 ～ 令和元年度	木下 俊則	名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授	12
			研究分担者： 松林 嘉克（名古屋大学 理学研究科・教授） 福田 裕穂（東京大学 大学院理学研究科・特任教授） 角谷 徹仁（国立遺伝学研究所 遺伝メカニズム研究系、教授） 白須 賢（理化学研究所 環境資源科学研究センター・グループディレクター） 篠崎 和子（東京大学 大学院農学生命科学研究科・教授） 杉本 慶子（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） 松永 幸大（東京理科大学 理工学部応用生物科学科・教授） 多田 安臣（名古屋大学 遺伝子実験施設・教授） 鈴木 孝征（中部大学 応用生物学部・准教授） 望田(桑田) 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・特任助教） 植田 美那子（名古屋大学 理学研究科(WPI)・特任講師）		
Y00 国	15K21750 植物の成長可塑性を支える環境認識と記憶の自律分散型統御システム	平成27年度 ～ 令和元年度	木下 俊則	名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授	8
			研究分担者： 松林 嘉克（名古屋大学 理学研究科・教授） 松永 幸大（東京理科大学 理工学部応用生物科学科・教授） 福田 裕穂（東京大学 大学院理学研究科・特任教授） 篠崎 和子（東京大学 大学院農学生命科学研究科・教授） 杉本 慶子（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） 角谷 徹仁（国立遺伝学研究所 遺伝メカニズム研究系、教授） 白須 賢（理化学研究所 環境資源科学研究センター・グループディレクター）		

A01-1 計	15H05956 環境刺激による気孔開度制御機構の解析	平成 27 年度 ～ 令和元年度	木下 俊則	名古屋大学・トランスフォー マティブ生命分子研究 所・教授	5
			研究分担者： 多田 安臣（名古屋大学遺伝子実験施設・教授） 中道 範人（名古屋大学トランスフォーマティブ生命 分子研究所・特任准教授） 鈴木 孝征（中部大学応用生物学部・講師） 辻 寛之（横浜市立大学木原生物学研究所・講師）		
A01-2 計	15H05957 長距離シグナリングを介した変動 環境への適応機構	平成 27 年度 ～ 令和元年度	松林 嘉克	名古屋大学・理学研究科・教 授	2
			研究分担者： 望田(桑田) 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・特任助教）		
A01-3 計	15H05958 植物の自律分散型情報ネットワー クを支える維管束シグナル伝達の 解析	平成 27 年度 ～ 令和元年度	福田 裕穂	東京大学・理学系研究科・特 任教授	1
A01-4 計	15H05959 寄生植物による維管束情報ハイジ ャック機構の解明	平成 27 年度 ～ 令和元年度	白須 賢	理化学研究所・環境資源科 学研究センター・グループ ディレクター	1
A01-5 計	15H05960 乾燥及び温度ストレスに対する植 物の時空間的応答と記憶の分子機 構	平成 27 年度 ～ 令和元年度	篠崎 和子	東京大学・農学生命科学研 究科・教授	2
			研究分担者： 伊藤 秀臣（北海道大学大学院生命科学院・助教）		
A01-6 計	15H05961 環境刺激による細胞リプログラミング制御	平成 27 年度 ～ 令和元年度	杉本 慶子	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	1
A01-7 計	15H05962 環境刺激によるクロマチン動態制 御機構の解明	平成 27 年度 ～ 令和元年度	松永 幸大	東京理科大学・理工学部・教 授	1
A01-8 計	15H05963 クロマチン長期記憶による環境応 答制御機構	平成 27 年度 ～ 令和元年度	角谷 徹仁	東京大学・理学系研究科・教 授	1
総括班・総括班以外の計画研究 計 8 件（廃止を含む）					

[1] 総：総括班、国：国際活動支援班、計：総括班以外の計画研究、公：公募研究

[2] 研究代表者及び研究分担者の人数（辞退又は削除した者を除く。）

2 公募研究

研究項目[1]	課題番号 研究課題名	研究期間	研究代表者 氏名	所属研究機関・部局・職	人数 [2]
A01 公	16H01457 窒素栄養環境に応じた全身的・根局所的な情報処理による共生器官形成機構	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	寿崎 拓哉	筑波大学・生命環境・准教授	1
A01 公	16H01458 ヒストン SUMO 化による転写調節機構の解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	三浦 謙治	筑波大学・生命環境・教授	1
A01 公	16H01459 The DNA elements of vernalization insensitive 3 gene for quantitative and priming epigenetic memory of cold	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	ブザス ダイアナ・ミハエラ	筑波大学・生命環境・准教授	1
A01 公	16H01460 コケ植物を用いた ABA、低温および浸透圧応答の統合的制御に関する基礎研究	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	竹澤 大輔	埼玉大学・理工学研究科・准教授	1
A01 公	16H01462 篩部から発信される茎成長シグナルの解析	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	打田 直行	名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・准教授	1
A01 公	16H01463 異質倍数体植物の表現型可塑性に着目した水環境適応を担う分子機構の解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	金岡 雅浩	名古屋大学・理学研究科・講師	1
A01 公	16H01464 環境変化によるイネ芒形質可塑性の分子メカニズムの解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	芦莉 基行	名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授	1
A01 公	16H01465 植物の長距離移行性 RNA 分子と全身性環境応答に関する研究	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	野田口 理孝	名古屋大学・生命農学研究科・助教	1
A01 公	16H01467 アブラナ科植物の受粉における自己認識システムの解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	藤井 壮太	東京大学・農学生命科学研究科・助教	1
A01 公	16H01468 ヒストン脱メチル酵素 JUMONJI による温度記憶の制御機構の解析	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	山口 暢俊	奈良先端科技大・バイオ研・助教	1
A01 公	16H01469 ポリコーム群タンパク質が植物免疫の誘導・記憶を正に制御する分子機構の解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	西條 雄介	奈良先端科技大・バイオ研・准教授	1

A01 公	16H01470 光環境情報に基づくタンパク質細胞内局在パターンの制御と短期記憶	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	松下 智直	九州大学・農学研究院・准教授	1
A01 公	16H01471 植物間コミュニケーションにおける記憶制御システムの解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	有村 源一郎	東京理科大学・基礎工学部・准教授	1
A01 公	16H01472 環境刺激による葉の形態形成の制御機構の解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	木村 成介	京都産業大学・総合生命科学部・准教授	1
A01 公	16H01473 変動する野外環境下における植物環境記憶の定量方法の開発	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	永野 惇	龍谷大学・農学部・講師	1
A01 公	16H01474 MAPキナーゼカスケードを介した植物免疫記憶の制御機構	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	川崎 努	近畿大学・農学部・教授	1
A01 公	16H01475 水分ストレスを根から地上部へ伝えるペプチドによる長距離シグナル伝達機構の解明	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	高橋 史憲	理化学研究所・環境資源科学研究センター・研究員	1
A01 公	16H01476 アンチセンス ncRNA を介した植物の環境ストレス認識・記憶システムの解析	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	関 原明	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	1
A01 公	16H01477 維管束を介したサイトカニン情報の長距離伝播の仕組みと役割	平成 28 年度 ～ 平成 29 年度	木羽 隆敏	理化学研究所・環境資源科学研究センター・研究員	1
A01 公	18H04773 根粒共生における窒素栄養応答システムの解明	平成 30 年度 ～ 令和元年度	寿崎 拓哉	筑波大学・生命環境・准教授	1
A01 公	18H04774 コケ植物を用いた A B A、低温および浸透圧応答の統合的制御に関する基礎研究	平成 30 年度 ～ 令和元年度	竹澤 大輔	埼玉大学・理工学研究科・教授	1
A01 公	18H04775 根―地上部間を伝搬する高速カルシウムシグナルの分子基盤	平成 30 年度	豊田 正嗣	埼玉大学・理工学研究科・准教授	1
A01 公	18H04776 アブラナ科の自他花粉識別における生理応答機構の可逆性の解明	平成 30 年度 ～ 令和元年度	藤井 壮太	東京大学・農学生命・助教	1

A01 公	18H04777 篩部で中継される成長・環境応答シグナルの解析	平成30年度 ～ 令和元年度	打田 直行	名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・准教授	1
A01 公	18H04778 植物の長距離移行性RNA分子と全身性環境応答に関する研究	平成30年度 ～ 令和元年度	野田口 理孝	名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・准教授	1
A01 公	18H04780 病原糸状菌の局所的侵入に対し自律応答する植物生体防御システム	平成30年度 ～ 令和元年度	高野 義孝	京都大学・農学研究科・教授	1
A01 公	18H04781 維管束を利用した時間情報共有メカニズムの解明	平成30年度	遠藤 求	奈良先端科技大・バイオ研・教授	1
A01 公	18H04782 ヒストン脱メチル化酵素JUMONJIによる高温を記憶する分子基盤の解明	平成30年度 ～ 令和元年度	山口 暢俊	奈良先端科技大・バイオ研・助教	1
A01 公	18H04783 ポリコム複合体による全身性植物免疫記憶の制御機構の解明	平成30年度 ～ 令和元年度	西條 雄介	奈良先端科技大・バイオ研・教授	1
A01 公	18H04784 光環境情報に基づくタンパク質細胞内局在パターンの制御と短期記憶	平成30年度 ～ 令和元年度	松下 智直	京都大学・理学研究科・教授	1
A01 公	18H04785 季節性のない熱帯雨林での時系列トランスクリプトームによる環境認識・記憶の解析	平成30年度 ～ 令和元年度	清水 健太郎	横浜市立大学・木原生物学研究所・客員教授	1
A01 公	18H04786 植物間コミュニケーションが制御する植物の防御応答の記憶システム	平成30年度 ～ 令和元年度	有村 源一郎	東京理科大学・基礎工学部・教授	1
A01 公	18H04787 水陸両生植物の水環境への適応に寄与する環境応答統御システムの解析	平成30年度 ～ 令和元年度	木村 成介	京都産業大学・総合生命科学部・教授	1
A01 公	18H04789 イネのパターン誘導免疫と免疫プライミングの分子機構の解明	平成30年度 ～ 令和元年度	川崎 努	近畿大学・農学研究科・教授	1
A01 公	18H04790 植物の自律分散型記憶を統御するクロマチンステートの解明	平成30年度 ～ 令和元年度	玉田 洋介	宇都宮大学・工学研究科・准教授	1
A01 公	18H04791 アンチセンスncRNAを介した植物の環境ストレス認識・記憶シ	平成30年度 ～ 令和元年度	関 原明	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	1

	システムの解析				
A01 公	18H04792 水分ストレス応答を制御するペプチド受容体による長距離シグナル認識機構の解明	平成 30 年度 ～ 令和元年度	高橋 史憲	理化学研究所・環境資源科学研究センター・研究員	1
A01 公	18H04793 維管束を介したサイトカイン情報の長距離伝播の仕組みと役割	平成 30 年度 ～ 令和元年度	木羽 隆敏	名古屋大学・農学研究科・准教授	1
A01 公	18H04772 環境ストレスからのリカバリーと記憶に関わる mRNA 分解制御	平成 30 年度 ～ 令和元年度	千葉 由佳子	北海道大学・理学研究院・准教授	1
公募研究 計 39 件 (廃止を含む)					

[1] 総：総括班、国：国際活動支援班、計：総括班以外の計画研究、公：公募研究

[2] 研究代表者及び研究分担者の人数（辞退又は削除した者を除く。）

研究領域全体に係る事項

3 交付決定額

年度	合計	直接経費	間接経費
平成 27 年度	332,280,000 円	255,600,000 円	76,680,000 円
平成 28 年度	322,920,000 円	248,400,000 円	74,520,000 円
平成 29 年度	323,440,000 円	248,800,000 円	74,640,000 円
平成 30 年度	323,440,000 円	248,800,000 円	74,640,000 円
令和元年度	322,530,000 円	248,100,000 円	74,430,000 円
合計	1,624,610,000 円	1,249,700,000 円	374,910,000 円

4 研究領域の目的及び概要

生存に適した環境を求めて移動する動物に対し、移動しない植物は多様な環境変動に迅速に対応するために、柔軟かつ合理的な環境応答システムを備えている。脳や神経を持たない植物が、いかにして環境からの情報を統御・判断・記憶・出力しているのか？ 本領域は、この生物学の歴史に長く横たわってきた深遠な問題の解決に挑戦する。動物が高度に発達した中枢神経系を用いる「中枢性環境応答統御システム」を

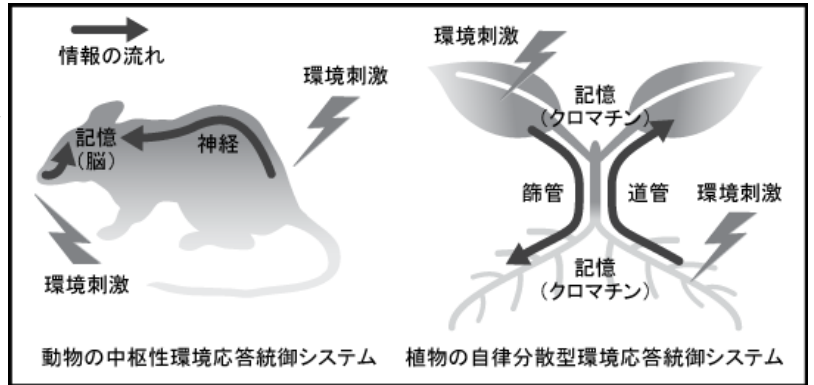


図1. 動物と植物の環境応答統御システムの比較

を発達させたのに対し、植物は細胞群や組織に制御システムを分散させて自律的な環境応答を行ないつつ、それらの情報を全身的な情報伝達系により統御する「自律分散型環境応答統御システム」を進化させた（図1）。こうした自律分散型の統御には、刺激受容部位における局所的かつ自律的な応答システムに加えて、局所的な応答を時空間的に統合するシステムが存在するはずであるが、これらの分子実体はほとんど解明されていない。また、植物には乾燥や温度変化などの季節変動を長期的に記憶するシステムが存在することはよく知られているが、その具体的な場やしくみは不明のままである。そこで本新学術領域では、動物とは全く異なる長距離シグナル伝達システム、およびそれらの情報を時空間的にキャッシュするためのクロマチン修飾による環境記憶システムの解明を通じて、環境に応じた植物特有の可塑的成長のしくみを理解することを目指してきた。

これまでに植物特有の環境応答システムの実体に迫る研究は断片的に開始されているが、個別の研究を推進するだけでは、「植物の自律分散型環境応答統御システム」という新概念の確立には至らない。「環境変動を認識し、長距離伝達するシグナルの実体とは何か?」、「植物情報を集約するシグナルセンターや環境変化を記憶する場所はどこか?」、「記憶をどう照合・出力して成長するのか?」といった全く未解明な課題を解決するためには、植物の環境応答、成長生理、発生、エピジェネティック制御の各分野で世界をリードする研究を進める第一線の研究者を結集し、さらに多角的かつ総括的に新たな研究領域を開拓する研究体制を構築する必要がある。この目標に向け、環境刺激に応答した成長制御を研究する木下、篠崎、杉本、維管束形成や維管束を介したシグナル伝達の研究を行う福田、白須、松林、エピジェネティクスやクロマチン動態を研究する角谷、松永の8名を計画班代表として、平成28年度からは19名の公募班員が参画し、活発な領域内共同研究を行いながら研究を推進してきた。

加えて、本領域に参画する研究者が最大限力を発揮出来るように、総括班に高度な技術を有する専門家による研究機器・研究技術を提供する研究支援センター（次世代シーケンズ部門、質量分析部門、イメージング部門、*in vitro* タンパク質合成部門）を領域代表の木下が所属する名古屋大学を中心に設置した。次世代シーケンズ部門では、RNAseq およびサプレッサー原因遺伝子同定のディープシーケンズ解析、ChIP によるエピジェネティクス解析、質量分析部門では、維管束内の長距離伝達物質であるペプチドや糖など生体内微量物質の同定、ホスホプロテオミクス解析やタンパク質複合体解析、イメージング部門では、二光子顕微鏡による植物深部のライブイメージング解析、植物ライブイメージングのための微細加工を施したマイクロデバイスの提供、人工知能 CARTA による画像定量解析、*in vitro* タンパク質合成部門では、ペプチドから膜タンパク質まで様々なタンパク質の *in vitro* 合成を行うことにより、本領域に参画する研究者が最大限力を発揮出来るように支援してきた。

植物は静的で受動的な環境応答に頼っていると考えられがちであるが、巧妙でかつ能動的な環境応答

システムを進化させ、厳しい環境の中でも地球上最大のバイオマスを産出している。本領域では、植物科学の多様な分野の研究者が結集し、これまで個別に行ってきた研究を有機的に統合して、ダイナミックな環境応答統御システムの全体像を明らかにすることを目的として研究を進めてきた。このような研究分野横断的に、かつ最先端の異分野融合技術を活用して、植物の自律分散型環境記憶統御システムの解明に取り組む新学術領域研究は初めての試みと思われる。

また、本領域の計画班代表は世界レベルでも第一線の研究を進めており、常に最新情報をシェアする国際的なネットワークを異分野間で共有、発展させることにより、世界をリードする新たな研究領域を構築してきた。このため領域発足と同時に、海外の研究機関の中でも環境応答やシグナル伝達、エピジェネティック制御等の関連分野で研究が進んでいる John Innes Centre・The Sainsbury Laboratory（英国）と Stanford University（米国）を中心にコア to コアの拠点連携を構築した。このうち John Innes Centre・The Sainsbury Laboratory からは Caroline Dean 教授、Elliot Meyrowitz 教授、Cyril Zipfel 教授、Philip Wigge 博士、Stanford University からは Dominique Bergman 教授、Wolf Frommer 教授（2017 年より Heinrich Heine University Düsseldorf に異動）らを研究協力者として班会議に招聘し、研究の評価、及び助言を仰いだ。また、世界で活躍する若手研究者の育成は、新学術領域の重要な使命であると考えており、領域に参画する若手研究者をこれらの研究機関に数週間から数ヶ月間派遣し、共同研究として推進してきた。

このような本領域を推進することで、環境に応じた植物特有の自律分散型環境応答統御システムの理解を進めてきた。本領域の研究から得られた知見は、人為的に植物の環境応答能を制御することや植物の機能改善の基盤となると考えられ、将来的には、地球環境変動に耐えうる植物品種の開発や成長を制御したスーパーバイオマス植物の作出等を通じて、植物科学技術の社会実装に極めて大きな波及効果を生み出し、低炭素社会の発展や食糧増産にも寄与する基盤技術の確立に貢献することが期待される。

5 本領域の主な成果

(1) 研究目的の達成度

本領域では、中枢神経を持たない植物が、細胞や組織レベルで分散型の応答を行う一方、それらの情報を全身的な情報伝達系により統御する植物特有のダイナミックな環境刺激伝達機構の全体像を解明し、環境記憶がどのように植物の巧みな生存戦略を導いているのかを明らかにすることを目的とし、これまでに以下のように多くの成果を得た(発表論文数 462 報)。これらの成果の多くはインパクトの高い国際誌に発表し、新聞等の多くのメディアで取り上げられた。

研究内容としては「局所的・自律的応答システム」、「長距離シグナリング」、「環境記憶システム」の各項目に大きく分けることができるが、これらの研究は極めて順調に進展し、項目間をつなぐような革新的な成果も得られた。特に、自律分散型の統御に必須と考えられる「局所的な応答を時空間的に統合するシステム」について、植物内を根から葉へ、または葉から根へ長距離移行して環境情報を空間的に統御する因子群の発見 (Ota et al. *Nature Commun.* 2020, Takahashi et al. *Nature* 2018) や、「植物情報を集約するシグナルセンター」のひとつが葉の維管束にあることの発見は特筆すべき成果 (Ohkubo et al. *Nature Plants* 2017) である。また、植物のエピジェネティックな細胞記憶の分子実体の解明に向けて、これに関わる因子の同定 (Ikeuchi et al. *Nature Plants* 2015, Ishihara et al. *Nature Commun.* 2019) や可視化技術の確立も着実に進んだ (Kurita and Sakamoto et al. *Sci. Rep.* 2017)。加えて、気孔孔辺細胞において日長情報の記憶を通じて気孔開度が制御される新たな環境応答システムも見出され (Aoki et al. *Sci. Rep.* 2019)、新学術領域を推進することではじめて得られた成果も多くがあり、十分な達成度と考えられる。

(2) 本研究により得られた主な成果

局所的・自律的応答システム

【計画・木下】

・ 気孔開口の青色光シグナル伝達に関わる新規キナーゼの同定

青色光による細胞膜 H^+ -ATPase のリン酸化を阻害する化合物スクリーニングとその標的因子の探索により、新規プロテインキナーゼ BHP を同定した。機能欠損変異体では気孔の青色光応答を示さないことが明らかとなった(図 2)。BHP は、環境光を感知するフォトロピンと細胞膜 H^+ -ATPase をつなぐ重要なシグナル因子であることが明らかとなった (*Sci. Rep.* 2017)。(日経産業新聞 2017 他)

・ 赤色光による孔辺細胞の細胞膜 H^+ -ATPase のリン酸化と気孔開口

本研究では、モデル植物のシロイヌナズナの葉を用いて、孔辺細胞の細胞膜 H^+ -ATPase のリン酸化を可視化する免疫組織化学法を確立して解析を進め、赤色光によっても細胞膜 H^+ -ATPase のリン酸化を誘導して気孔開口を促進することが明らかとなった。興味深いことに、この反応は表皮では観察されず、光合成阻害剤によって阻害されることから、葉肉細胞における光合成に依存した何らかのシグナルによって、孔辺細胞の細胞膜 H^+ -ATPase の活性化を引き起こしていると考えられ、現在その細胞間シグナル分子実体について解析を進めている(図 3) (*Plant Physiol.* 2018)。

【計画・篠崎】

・ 水分欠乏ストレス時に不要な mRNA の分解が活性化されることを発見【領域内共同研究】

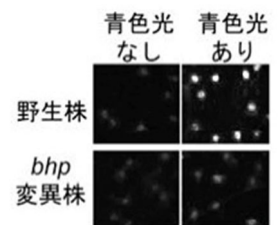


図 2. BHP 欠損植物は H^+ -ATPase のリン酸化が起こらない

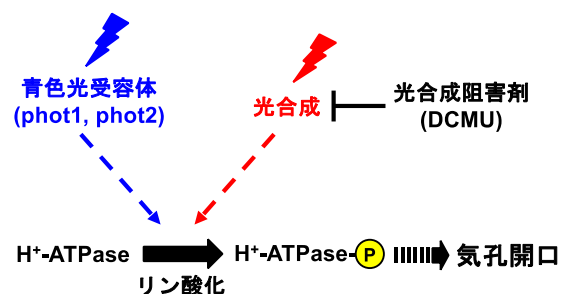


図 3. 葉における孔辺細胞の細胞膜 H^+ -ATPase を介した気孔開口のモデル

水分欠乏ストレス応答では、ABA 応答性のサブクラス III SnRK2 タンパク質キナーゼが主要な役割を担うが、種子植物には ABA を介さずに活性化するサブクラス I SnRK2 が存在している。このサブクラス I SnRK2 の新規な下流標的基質として mRNA の脱キャップ複合体の構成因子 VARICOSE (VCS) を同定し、水分欠乏ストレス時に不要な mRNA の分解を活性化していることを明らかにした(図 4)。本研究の成果は、植物の水分欠乏ストレス時の成長や収穫量を向上させる新たなアプローチの提案につながると期待される(*Nature Plants* 2017)。(日本経済新聞 2017 他)

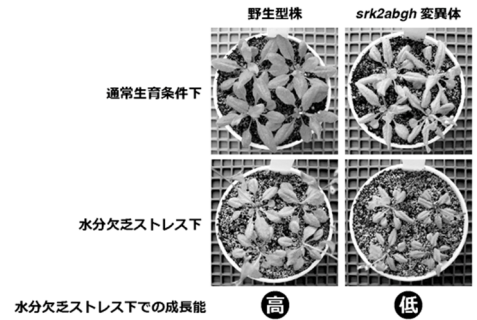


図 4. サブクラス I SnRK2 を欠損する植物は水分欠乏ストレスに弱い

・植物に乾燥・高温耐性を付与する DREB2A が活性化する仕組みを解明【領域内共同研究】

DREB2A は多くの耐性遺伝子群を制御して乾燥と高温の両方のストレス耐性を向上させるが、その活性化機構は不明なままであった。本研究では、DREB2A が不必要な時は BPM-CUL3 E3 リガーゼによりユビキチン化して分化することを明らかにした。これらの分解システムを効率よく制御することで、高温や干ばつに対する耐性を向上させた作物の開発への応用が期待される(*PNAS* 2017)。

【公募・芦苺】

・イネの種子の芒形成に関わるペプチドホルモンの同定【領域内共同研究】

一部のイネの種子に見られる針状の毛である芒(のぎ)は、動物から身を守ったり動物に付着して拡散するための環境適応により進化したと考えられている。芒の有無と遺伝子型を比較することで、ペプチドホルモンをコードする RAE2 遺伝子が芒形成に必要であることを明らかにした(*PNAS* 2017)。

【公募・打田】

・多機能性人工ペプチドホルモンの創出【領域内共同研究】

植物の成長点に存在する幹細胞の制御に関わる A 型の CLE ペプチドと植物の肥大成長に関わる B 型の CLE ペプチドはそれぞれ異なる特異的受容体を介して機能を発揮するが、本研究では、これらの複数の受容体に共に作用することで両方の型の CLE ペプチドホルモンの機能を同時に発揮するという天然には存在しない人工多機能性ペプチドホルモンの創成に成功した(*Nature Commun.* 2017)。

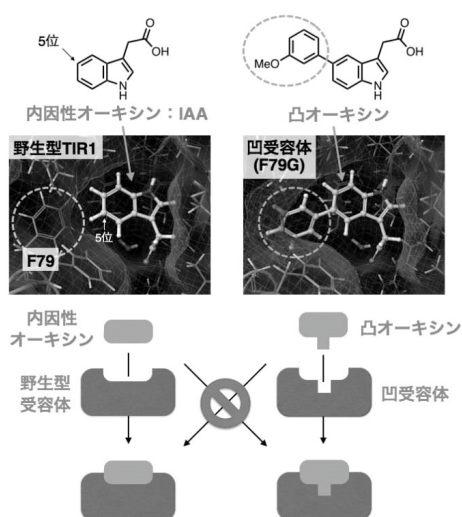


図 5. 人工オーキシンの作用機構

・植物のオーキシシン作用を自在操作する技術の創成【領域内共同研究】

植物ホルモンのオーキシシンは側根(根の枝分かれ)の誘導、維管束(水や養分の通り道)の発生、花芽の形成や果実の成熟など、多彩な役割を持つが、特定の作用だけを自在に操作することは難しかった。本研究では狙った部位だけでオーキシシン作用を引き起こすことが可能になる人工オーキシシンと人工受容体の開発に成功した(図 5)。これは植物の局所応答を操作できる重要な技術開発である(*Nature Chem. Biol.* 2018)。

【公募・川崎】

・植物が病原菌の感染を検知し防御態勢を取る仕組みの解明【領域内共同研究】

植物の細胞膜上には多くの受容体が存在し、病原菌の構成成分を認識すると、その情報が細胞内に伝達され、様々な免疫応答が誘導される。その過程で植物特有のタンパク質キナーゼファミリーである RLCK タンパク質が、受容体と MAP カスケードを結ぶ役割を果たしていることを見出した(*EMBO J.* 2016)。

【公募・松下】

・植物の光を受容するタンパク質フィトクロムによる転写開始点制御の発見【領域内共同研究】

植物の局所的応答を担う光シグナルの受容体・フィトクロムが、2,000 を超える数の遺伝子に直接働きかけてそれらの転写開始点を変化させ、その結果、約 400 遺伝子のそれぞれから、細胞内での存在場所が異なる複数のタンパク質が生じることを発見した。さらにこの転写開始点制御により、1つの遺伝子から生じる複数のタンパク質が細胞内の異なる場所で異なる機能を果たすことで、植物の様々な光環境への適応に働くことを実験的に明らかにした(図 6)。同規模の転写開始点変化は、フィトクロムに限らず、あらゆる環境刺激に伴って、真核生物において共通の仕組みで起こるものである可能性が高く、したがって今後この現象の詳細なメカニズムが解明されれば、生物学上の大きな進歩となることは間違いない(*Cell* 2017)。

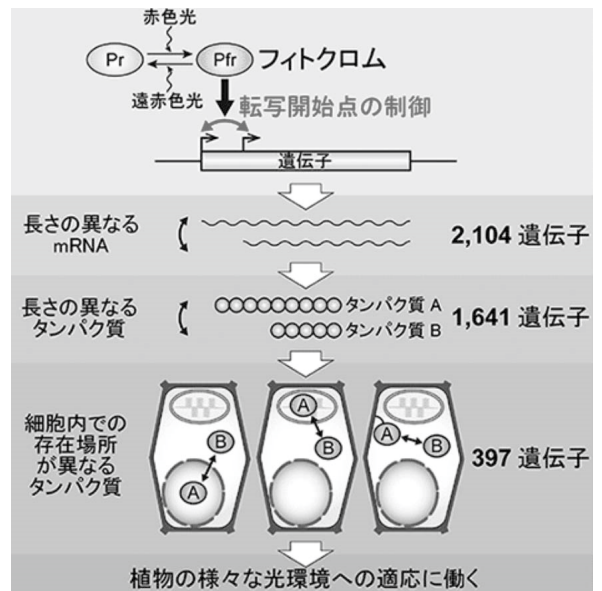


図 6. 光環境への適応を担うフィトクロムによる転写開始点制御

長距離シグナリング

【計画・松林】

・全身的窒素要求シグナリングにおいて葉から根へ長距離移行するシグナルの同定

窒素欠乏を感知した根が生産するペプチドホルモン CEP は道管を通じて葉に移行し、師部側に存在する受容体 CEPR に受容される。その下流で誘導され師管内を葉から根へ移行するポリペプチド CEPD を同定した(図 7)。根に移行した CEPD は、硝酸取り込み輸送体 *NRT2.1* の発現を上昇させて相補的な窒素取り込みを促進する。長距離シグナル伝達を介した植物の栄養環境応答の核心部分が解明されるとともに、葉の維管束が地下部からの環境情報を集約するシグナルセンターとして機能していることが明らかとなった(*Nature Plants* 2017)。(朝日新聞・中日新聞 2017)

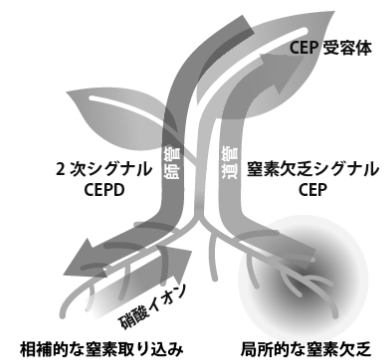


図 7. CEP と CEPD を介した長距離シグナリングの全体像

・根から葉への分子群の移行を支えるカスパリー線の形成に必要なペプチドホルモンの発見

根の維管束における側方向への拡散障壁であり、根から葉への分子群の長距離移行を支えるカスパリー線の形成に必要なペプチドホルモン Casparian strip Integrity Factor (CIF) を発見した。CIF は根の中心柱で発現し、カスパリー線が形成される内皮細胞で特異的に発現する受容体 GSO1/SGN3 に結合する(図 8)。CIF を欠損する植物は、根のカスパリー線に穴があき、外界からイオンが道管に流入または道管から流出するため、正常に成長できないことが明らかとなった(*Science* 2017)。(中日新聞・NHK ニュース 2017)

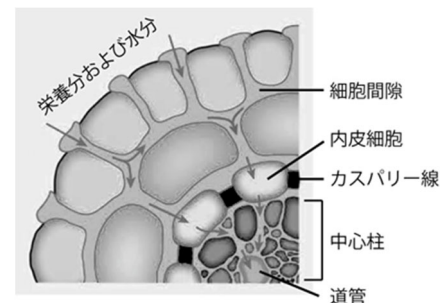


図 8. 根の維管束の拡散障壁として機能するカスパリー線

【計画・白須】

・寄生植物が生合成したサイトカニンが宿主組織に特異的な二次成長を引き起こす【領域内共同研究】

寄生植物は吸器を介して宿主組織に侵入し、維管束を連結することで宿主との連絡を確立して、水や栄養を宿主から奪う。しかし、寄生植物から宿主へと移動する物質がもつ役割は明らかになっていなかった。寄生植物と宿主の相互作用を解析する過程で、寄生植物が生合成したサイトカニンが宿主植物へと移動し、宿主植物が

それを受容することで特異的な二次成長が引き起こされていることを見出した。寄生植物から宿主植物に移動する物質の役割を明らかにした初めての例となった(*PNAS* 2017)。(毎日新聞 2017)

・寄生植物ストライガのゲノムを解読

ストライガは主要な穀物に寄生し、収穫量を大幅に減らす有害植物であり、特にアフリカで深刻な被害をもたらしている。ストライガは全ゲノム 2 倍化を 2 回起こすことで寄生に必要な遺伝子を獲得したこと、ストリゴラトン受容体ファミリーが著しく増えたことでさまざまな宿主を獲得したことが分かった(*Curr Biol.* 2019)。

・植物においてキノン化合物を認識する受容体を発見

非寄生植物のシロイヌナズナを用いて、キノン化合物を認識できない変異体を単離し、全ゲノムシーケンス解析により原因遺伝子「*CARDI*」を同定した。*CARDI* は受容体様キナーゼ(RLK)をコードしており、キノン化合物の認識に重要な役割を果たすと考えられ、*CARDI* 変異体では病原菌に対する抵抗性が低下したことから、*CARDI* は植物免疫にも重要な因子であることが示された。さらに、寄生植物ストライガとコンソガマの *CARDI* 相同遺伝子が変異体のキノン化合物認識機能を相補できることから、寄生植物もキノン化合物を認識することが明らかとなった。(*Nature* 2020)。

【計画・福田】

・維管束分化に関わるペプチドホルモン-受容体の共結晶構造の解明

篩部領域で発現する *CLE41/CLE44* から作られる TDIF ペプチドは受容体 TDR に結合して維管束幹細胞の発生運命を制御する。TDIF と TDR の結合の結晶構造解析を行った結果、TDIF ペプチドは N 末端、中央部、更に C 末端の 3 箇所 TDR と結合していることが明らかとなった(*Nature Commun.* 2016)。

【公募・高橋】

・根の乾燥ストレスを気孔に伝える CLE ペプチドの同定【領域内共同研究】

土壌乾燥ストレスを受けたときに *CLE25* ペプチドが根で誘導され、地上部の ABA 経路を活性化し、気孔を閉鎖する機能を持つことを発見した(図 9)。*CLE25* を欠損する植物体は、気孔の閉鎖が起こらず乾燥ストレスに弱い表現型を示したことから、ペプチドを介した新たな乾燥応答システムの存在を明らかにした(*Nature* 2018) (日経新聞ほか 2018)。

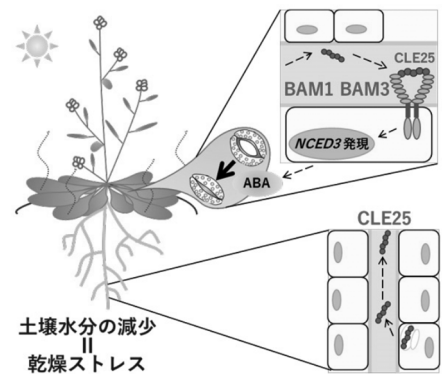


図 9. CLE25 の作用メカニズム

【公募・寿崎】

・窒素栄養に応答して根粒形成を抑制する鍵転写因子の発見【領域内共同研究】

マメ科のモデル植物ミヤコグサを用いて遺伝子は高濃度の硝酸に応答して引き起こされる根粒共生の抑制を制御する転写因子 *NRSYM1* を発見した。*NRSYM1* は硝酸に応答して *CLE-RS2* ペプチドの発現を直接誘導し、全身的に根粒の数を制御していることを明らかにした(図 10) (*Nature Commun.* 2018)。

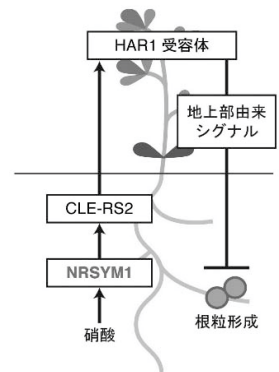


図 10. NRSYM1 の作用機構

環境記憶システム

【計画・角谷】

・遺伝子内クロマチン修飾による遺伝子発現制御と環境応答

環境や遺伝的背景を反映して遺伝子発現の ON/OFF 状態はクロマチン上に記憶されるが、その実体はヒストンの修飾や DNA のメチル化である。シロイヌナズナの変異体 *ibm1* では、多数の活性遺伝子の内部にヒストン H3 の 9 番目のリジンのメチル化(H3K9me)や DNA メチル化が蓄積し、発生異常が引き起こされることに着目し、その抑圧変異体 *ldl2* を同定した。*LDL2* はヒストン脱メチル化酵素であり、H3 リジン 4 のモノメチル化(H3K4me1)

を遺伝子内部において減少させることで転写抑制を引き起こしていた。IBM1-LDL2 経路で発現レベルが影響を受ける遺伝子の多くは病害応答遺伝子であったことから、遺伝子内部におけるクロマチン制御が、植物の病害防御機構に参与していることが示唆されている(*EMBO J.* 2017)。

【計画・松永】

・環境刺激によるヒストン・アセチル化変動のライブイメージング【領域内共同研究】

ヒストン・アセチル化リジン残基(H3K9ac)を認識するモノクローナル抗体の一部に蛍光タンパク質を結合させた細胞内抗体 mintbody を用いて、単一の植物細胞レベルで低温や塩ストレスによるエピジェネティクス変化を世界で初めて捉えることに成功した(*Sci. Rep.* 2017)。(日経産業新聞 2017 他)

・記憶システムを担うエピジェネティック・プライミングの解明【領域内共同研究】植物の外部環境のホルモンバランスを変化させることで、再分化が誘導されるが、その分化誘導の刺激に備えてプライミング機構があることを発見した。再分化刺激の前に、ヒストン・メチル化修飾(H3K4me2)をヒストン脱メチル化酵素 LDL3 で取り除くことで、プライミング状態を創り出すことを明らかにした(図 11) (*Nature Commun.* 2019) (日経新聞 2019 他)。

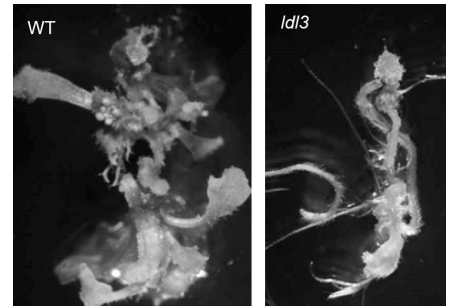


図 11. LDL3 変異体 *ldl3* は地上部が再生しなくなり根しか再生しない。

【計画・杉本】

・植物細胞の分化状態の維持メカニズムの解明

特定の条件下で発揮される植物細胞の分化全能性が、通常の個体発生や分化の過程でどのように抑制されているのかはこれまで分かっていなかった。シロイヌナズナの変異体を用いた解析から、ヒストン修飾を触媒する PRC2 が、胚発生の制御や幹細胞形成制御、脱分化誘導に関わる遺伝子群におけるヒストン H3 の 27 番目のリジンのトリメチル化(H3K27me3)に関わっており、この機能が欠損すると根毛細胞のような分化した細胞がリプログラムされ、胚発生を再開することを見出した(図 12) (*Nature Plants* 2015)。また、シロイヌナズナの脱分化誘導因子 *WIND1* 遺伝子の発現が幹細胞維持に参与する転写因子 ERF115 とその相互作用因子 PAT1 によって制御されること(*Nature Plants* 2016)、さらに *WIND1* が茎葉再生を促進する *ESR1* 遺伝子の発現を直接誘導することで傷口からの再生を誘導すること(*Plant Cell* 2017)などを明らかにした。

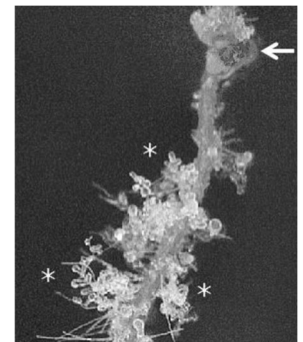


図 12. PRC2 変異株の根に形成された不定胚(矢印)とカルス(*)

・新規転写制御による葉の伸長成長メカニズムを解明

シロイヌナズナを用いて、二つの転写制御因子 AHL が PIF と拮抗的に作用し、PIF の標的遺伝子への結合を妨げることにより、葉柄の成長を抑制することを明らかにした。これは、AHL が PIF を介した遺伝子発現を制御することで、葉柄の伸長成長を厳密に調節する新たなメカニズムである(*Curr Biol.* 2019)。

【公募・永野】

・野外変動環境下におけるトランスクリプトームデータと環境データの統計モデリングソフトの開発

野外のような変動環境下におけるトランスクリプトームデータと気温などの環境データを統計モデリングによって解析するソフトウェアを開発した。個々の遺伝子について、気温の記憶がどれだけの長さで保持・利用されているのかなどを検出可能であり、植物の環境記憶の研究に活用できる(*Bioinformatics* 2017)。

6 研究発表の状況

【発表論文】 合計 462 報（平成 27 年 7 月以降、本領域期間中に発表したもの）

主な掲載論文 IF5 以上 204 報（IF: Impact Factor 2018）

Nature (IF 43.07) 2 報、*Science* (IF 41.037) 6 報、*Cell* (IF 36.216) 2 報、*Nature Biotech* (IF 31.864) 1 報、*Nature Genet.* (IF 25.455) 1 報、*Nature Plants* (IF 13.297) 15 報、*Nature Chem Biol.* (IF 12.154) 1 報、*Nature Commun.* (IF 11.878) 15 報、*Nature Protocols* (IF 11.334) 1 報、*Annu. Rev. Plant Biol.* (IF 18.918) 1 報、*Cell Host & Microbe* (IF 15.753) 1 報、*Mol. Biol. Evol.* (IF 14.797) 1 報、*Trends Plant Sci.* (IF 14.006) 3 報、*ACS Cent. Sci.* (IF 12.837) 1 報、*Sci. Adv.* (IF 12.804) 1 報、*EMBO J.* (IF 11.227) 7 報、*Nucleic Acids Res.* (IF 11.147) 1 報、*Mol. Plant* (IF 10.812) 3 報、*Methods Mol. Biol.* (IF 10.71) 10 報、*PNAS* (IF 9.58) 11 報、*Curr Biol* (IF 9.193) 5 報、*Dev Cell* (IF 9.19) 2 報、*Gene Dev* (IF 8.99) 1 報、*Plant Cell* (IF 8.631) 16 報、*eLife* (IF 7.551) 3 報、*Curr. Opin. Plant Biol.* (IF 7.508) 14 報、*New Phytol* (IF 7.299) 11 報、*Cell Mol. Life Sci.* (IF 7.014) 1 報、*Plant Biotechnol. J.* (IF 6.84) 3 報、*Plos Pathogens* (IF 6.463) 2 報、*Plant Physiol.* (IF 6.305) 22 報、*Chem. Commun.* (IF 6.164) 1 報、*Development* (IF 5.763) 4 報、*Plant J.* (IF 5.726) 21 報、*Plant Cell Environ.* (IF 5.624) 1 報、*Semin. Cell Dev. Biol.* (IF 5.46) 1 報、*J. Exp. Bot.* (IF 5.360) 8 報、*Plos Genetics* (IF 5.224) 6 報 など

【主な雑誌論文】

計画・木下

1. Uehara, T.N., Suzuki, T., (14 authors), Kinoshita, T., *Yamaguchi, J., and *Nakamichi, N. (2019) Casein kinase 1 family regulates PRR5 and TOC1 in the *Arabidopsis* circadian clock. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 116, 11528-11536.
2. Aoki, S., Toh, S., Nakamichi, N., Suzuki, T., (3 authors), and *Kinoshita, T. (2019) Regulation of stomatal opening and histone modification by photoperiod in *Arabidopsis thaliana*. *Sci. Rep.*, 9, 10054.
3. Toh, S., Inoue S., (8 authors), Uozumi, N., Sato, A., and *Kinoshita, T. (2018) Identification and characterization of compounds that affect stomatal movements. *Plant Cell Physiol.* 59, 1568-1580.
4. *Uraguchi, D., (9 authors), McCourt, P., Kinoshita, T., *Ooi, T., and *Tsuchiya, Y. (2018) A femtomolar-range suicide germination stimulant for the parasitic plant *Striga hermonthica*. *Science*, 362, 1301-1305.
5. Ando E., and *Kinoshita, T. (2018) Red light-induced phosphorylation of plasma membrane H⁺-ATPase in stomatal guard cells. *Plant Physiol.* 178, 838-849.
6. Inoue S., and *Kinoshita, T. (2017) Blue light regulation of stomatal opening and the plasma membrane H⁺-ATPase. *Plant Physiol.* 174, 531-538.
7. Hayashi M., Inoue S., Ueno Y., and *Kinoshita, T. (2017) A Raf-like protein kinase BHP mediates blue light-dependent stomatal opening. *Sci. Rep.*, 7, 45586.
8. Okumura, M., Inoue, S., Kuwata, K., and *Kinoshita, T. (2016) Photosynthesis activates plasma membrane H⁺-ATPase via sugar accumulation. *Plant Physiol.* 171, 580-589.
9. Kamioka, M., Suzuki, T., (3 authors), Kinoshita, T., and *Nakamichi, N. (2016) Direct repression of evening genes by CIRCADIAN CLOCK-ASSOCIATED1 in the *Arabidopsis* circadian clock. *Plant Cell* 28, 696-711.
10. *Tsuchiya, Y., (8 authors), Kinoshita, T., and *Hagihara, S. (2015) Probing strigolactone receptors in *Striga hermonthica* with fluorescence. *Science*, 349, 864-868.

計画・松林

1. Ota, R., (3 authors), and *Matsubayashi, Y. (2020) Shoot-to-root mobile CEPD-like 2 integrates shoot nitrogen status to systemically regulate nitrate uptake in *Arabidopsis*. *Nature Commun.*, 11, 641
2. Shinohara, H., Yasue, N., Onuki, T., Kondo, Y., Yoshida, M., and *Matsubayashi, Y. (2019) Screening and identification of a non-peptide antagonist for the peptide hormone receptor in *Arabidopsis*. *Commun. Biol.*, 2, 61
3. Toyokura, K., (12 authors), Matsubayashi, Y., and *Fukaki, H. (2019) Lateral inhibition by a peptide hormone-receptor cascade during *Arabidopsis* lateral root founder cell formation. *Dev. Cell*, 48, 64-75.
4. Takenaka, Y., (11 authors), Matsubayashi, Y., and *Ishimizu, T. (2018) Pectin RG-I rhamnosyltransferases represent a novel plant-specific glycosyltransferase family. *Nature Plants*, 4, 669-676.
5. Nakayama, T., Shinohara, H., Tanaka, M., Baba, K., Ohnishi, M. O., and *Matsubayashi, Y. (2017) A peptide hormone required for Casparian strip diffusion-barrier formation in *Arabidopsis* roots, *Science*, 355, 284-286.
6. Ohkubo, Y., Tanaka, M., Tabata, R., Ohnishi, M.O., and *Matsubayashi, Y. (2017) Shoot-to-root mobile polypeptides involved in systemic regulation of nitrogen acquisition, *Nature Plants*, 3, 17029.
7. Hirakawa, Y., Shinohara, H., Welke, K., Irle, S., Matsubayashi, Y., *Torii, K. U. and *Uchida, N. (2017) Cryptic bioactivity capacitated by synthetic hybrid plant peptides. *Nat. Commun.*, 8, 14318
8. Shinohara, H., Mori, A., Yasue, N., Sumida, K. and *Matsubayashi, Y. (2016) Identification of three LRR-RKs involved in perception of root meristem growth factor in *Arabidopsis*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 113, 3897-3902.

計画・松永

1. Luo, L., (9 authors), *Matsunaga, S., *Machida, C., *Sasabe, M., and *Machida, Y. (2020) The formation of perinucleolar bodies is important for normal leaf development and requires the zinc-finger DNA-binding motif in *Arabidopsis* ASYMMETRIC LEAVES2. *Plant J.*, 101, 1118-1134.
2. Hirakawa, T., (5 authors), and *Matsunaga, S. (2019) LSD1-LIKE1-mediated H3K4me2 demethylation is required for homologous recombination repair. *Plant Physiol.*, 181, 499-509.
3. Ishihara, H., *Sugimoto, K., (10 authors), Seki, M., Kakutani, T., Meyerowitz, E. M., and *Matsunaga, S. (2019)

- Primed histone demethylation regulates shoot regenerative competency. *Nature Commun.*, 10, 1786.
- Sakamoto, T., (5 authors), *Matsunaga, S., and *Fujiwara, T. (2018) Proteasomal degradation of BRAHMA promotes Boron tolerance in *Arabidopsis*. *Nature Commun.*, 9, 5285.
 - *Ueda, M., (5 authors), De Smet, I., Higashiyama, T., Umeda, M., and *Laux, T.. (2017) Transcriptional integration of paternal and maternal factors in the *Arabidopsis* zygote. *Genes & Dev.*, 31, 617-627.
 - Hirakawa, T., Hasegawa, J., White, C and *Matsunaga, S. (2017) RAD54 forms DNA repair foci in response to DNA damage in living plant cells. *Plant J.*, 90, 372-382.
 - Katagiri, Y., Hasegawa, J., Fujikura, U., Hoshino, R., *Matsunaga, S., and *Tsukaya, H. (2016) The coordination of ploidy and cell size differs between cell layers in leaves. *Development*, 143, 1120-1125.
 - Fujimoto, S., Sugano, S. S., Kuwata, K., Osakabe, K and *Matsunaga, S. (2016) Visualization of specific repetitive genomic sequences with fluorescent TALEs in *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp. Bot.*, 67, 6101-6110.

計画・福田

- *Endo, S., Iwai, Y., and *Fukuda, H. (2019) Cargo - dependent and cell wall - associated xylem transport in *Arabidopsis*. *New Phytol.*, 222, 159-170.
- Sugiyama, Y., Nagashima, Y., Wakazaki, M., Sato, M., Toyooka, K., Fukuda, H., and *Oda, Y. (2019) A Rho-actin signaling pathway shapes cell wall boundaries in *Arabidopsis* xylem vessels. *Nature Commun.*, 10, 468.
- Sugiyama, Y., (2 authors) , Fukuda, H., and *Oda, Y. (2017) A novel plasma membrane-anchored protein regulates wood cell-wall deposition through microtubule-dependent lateral inhibition of Rho GTPase domains. *Curr. Biol.*, 27, 2522-2528.
- *Endo, M., Shimizu, H., and Araki, T. (2016) Rapid and simple leaf tissue isolation in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Protoc.*, 11, 1388-1395.
- *Kondo, Y., (7 authors), and *Fukuda, H. (2016) Vascular cell induction culture system using *Arabidopsis* leaves (VISUAL) visualizes the sequential differentiation of sieve element-like cells. *Plant Cell*, 28, 1250-1262.
- Morita, J, Kato, K, Nakane, T, Kondo, Y., Fukuda, H., Nishimasu, H, *Ishitani, R, and *Nureki, O. (2016) Crystal structure of the plant receptor-like kinase TDR in complex with the TDIF peptide. *Nature Commun.*, 7,12383.
- Shimizu, H, Katayama, K, Koto, T, Torii, K, Araki, T, and *Endo, M. (2015) Decentralized circadian clocks process thermal and photoperiodic cues in specific tissues. *Nature Plants* 1, 15163.
- Katayama, H, (4 authors), Fukuda, H., *Ohashi-Ito, K. (2015) A negative feedback loop controlling bHLH complexes is involved in vascular cell division and differentiation in the root apical meristem. *Curr. Biol.* 25: 3144-3150.

計画・篠崎

- Sato, H., (3 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2019) NF-YB2 and NF-YB3 have functionally diverged and differentially induce drought and heat stress-specific genes. *Plant Physiol.*, 180, 1677-1690.
- Kudo, M., (7 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2019) A gene-stacking approach to overcome the trade-off between drought stress tolerance and growth in *Arabidopsis*. *Plant J.*, 97, 240-256.
- *Takahashi, F., (6 authors), Yamaguchi-Shinozaki, K., and *Shinozaki, K. (2018) A small peptide modulates stomatal control via abscisic acid in long-distance signaling. *Nature*, 556, 235-238.
- Morimoto, K., (12 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2017) BPM-CUL3 E3 ligase modulates thermotolerance by facilitating negative regulatory domain-mediated degradation of DREB2A in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 114, E8528-E8536.
- Kidokoro, S., (3 authors) , Shinozaki, K., and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2017) Differential signaling in cold responses to rapid and gradual temperature decreases in *Arabidopsis*, *Plant Cell*, 29, 764-774.
- Todaka, D., (13 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2017) Temporal and spatial changes in gene expression, metabolite accumulation and phytohormone content in rice seedlings grown under drought stress conditions, *Plant J.*, 90: 61-78.
- Soma, F., Mogami, J., (6 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2017) ABA-unresponsive SnRK2 protein kinases regulate mRNA decay under osmotic stress in plants. *Nature Plants*, 3: 16204.
- Masuta Y, (6 authors), Kobayashi, H., Matsunaga, W., Masuda, S., Kato, A, and *Ito H. (2017) Inducible transposition of a heat-activated retrotransposon in tissue culture. *Plant Cell Physiol.*, 58, 375-384.
- Ohama N, (9 authors), and *Yamaguchi-Shinozaki, K. (2016) The transcriptional cascade in the heat stress response of *Arabidopsis* is strictly regulated at the expression levels of transcription factors, *Plant Cell*, 28: 181-201.

計画・杉本

- *Favero, D.S., (5 authors) , Jaeger, K.E., Ishida, T., Iwase, A., Wigge, P.A., Neff, M.M., and Sugimoto, K. (2020) AT-Hook Transcription Factors Restrict Petiole Growth by Antagonizing PIFs. *Curr Biol.* 30.1454-1466
- *Rymen, B., Iwase, A., Ikeuchi, M., (11 authors), and *Sugimoto, K. (2019) Histone acetylation orchestrates wound-induced transcriptional activation and cellular reprogramming in *Arabidopsis*. *Commun. Biol.*, 2, 404.
- Iwase, A., Ikeuchi, M., (9 authors), and *Sugimoto, K. (2017) WIND1 promotes shoot regeneration through transcriptional activation of *ENHANCER OF SHOOT REGENERATION1* in *Arabidopsis*, *Plant Cell*, 29: 54-69.
- Rymen, B., Kawamura, A., Schaefer, S., Breuer, C., Iwase, A., (6 authors) , and *Sugimoto, K. (2017) ABA suppresses root hair growth via the OBP4 transcriptional regulator. *Plant Physiol.*, 3, 1750-1762.
- Heyman, J., (8 authors), Sugimoto, K., and *De Veylder, L. (2016) The heterodimeric transcription factor complex ERF115-PAT1 grants regeneration competence. *Nature Plants*, 2,16165.
- De Lucas, M., (8 authors), Sugimoto, K., and *Brady, S.M. (2016) Transcriptional regulation of *Arabidopsis* Polycomb repressive complex 2 coordinates cell-type proliferation and differentiation. *Plant Cell*, 28,2616-2631.

- Ikeuchi M, Ogawa Y, Iwase A, and *Sugimoto K. (2016) Plant regeneration: cellular origins and molecular mechanisms *Development*, 143,1442-1451
- Ikeuchi M, Iwase A, (11 authors), and *Sugimoto K. (2015) PRC2 represses dedifferentiation of mature somatic cells in Arabidopsis. *Nature Plants*, 1, 15089

計画・白須

- Laohavisit, A., Wakatake, T., Ishihama, N., Mulvey, H., Takizawa, K., Suzuki, T. and *Shirasu, K. (2020) Quinone perception in plants via leucine-rich repeat receptor-like kinases. *Nature* in press.
- Yoshida, S., (42 authors) and *Shirasu, K. (2019) Genome sequence of *Striga asiatica* provides insight into the evolution of plant parasitism. *Curr. Biol.*, 29, 3041-3052.
- Kadota, Y., (8 authors), *Coaker, G., and *Shirasu, K. (2018) Quantitative phosphoproteomic analysis reveals common regulatory mechanisms between effector- and PAMP-triggered immunity in plants. *New Phytol.*, 221, 2160-2175.
- *Asai, S., (6 authors) , Shirasu, K., and *Jones, J.D.G. (2018) A downy mildew effector evades recognition by polymorphism of expression and subcellular localization. *Nature Commun.*, 9, 5192.
- Wakatake, T., Yoshida, S., and *Shirasu, K. (2018) Induced cell fate transitions at multiple cell layers configure haustorium development in parasitic plants. *Development*, 145, dev164848.
- Spallek, T., (6 authors), Matsunaga, S., Sakakibara, H., and *Shirasu, K. (2017) Inter-species hormonal control of host root morphology by parasitic plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 114,5283-5288.
- Ishida, J.K., (7 authors), and *Shirasu, K. (2016) Local auxin biosynthesis mediated by a YUCCA flavin monooxygenase regulates the haustorium development in the parasitic plant *Phtheirospermum japonicum*. *Plant Cell* 28, 1795-1814.
- *Yoshida, S., *Cui, S., *Ichihashi, Y., *Shirasu, K. (2016) The haustorium, a specialized invasive organ in parasitic plants. *Annu Rev Plant Biol.* 67, 643-667.
- Cui, S., (4 authors), *Yoshida, S. and *Shirasu, K. (2016) Haustorial hairs are specialized root hairs that support parasitism in the facultative parasitic plant, *Phtheirospermum japonicum* *Plant Physiol.* 170, 1492-1503.

計画・角谷

- *Hosaka, A., (9 authors), and *Kakutani, T. (2017) Evolution of sequence-specific anti-silencing systems in *Arabidopsis*. *Nature Commun.*, 8, 2161.
- *Inagaki S, (6 authors), and *Kakutani, T. (2017) The gene-body chromatin modification dynamics mediates epigenome differentiation in *Arabidopsis*. *EMBO J.* 37, 970-980.
- Wollmann, H., (9 authors) , *Kakutani, T., *Jacobsen, S.E., and *Berger, F. (2017) The histone H3 variant H3.3 regulates gene body DNA methylation in *Arabidopsis thaliana*. *Genome Biol.* 18, 94.

公募・寿崎

- *Suzaki, T., and Nishida, H. (2019) Autoregulation of legume nodulation by sophisticated transcriptional regulatory networks. *Mol. Plant*, 12, 1179-1181.
- Nishida, H., (6 authors) Miura, K., Soyano, T., Kawaguchi, M., and *Suzaki, T. (2018) A NIN-LIKE PROTEIN mediates nitrate-induced control of root nodule symbiosis in *Lotus japonicus*. *Nature Commun.*, 9, 499.

公募・三浦

- Shimatani, Z., (8 authors), Miura, K., *Ezura, H., *Nishida, K., *Ariizumi, T., and Kondo, A. (2017) Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion. *Naure. Biotechnol.* 35,441-443.

公募・Buzas

- *Buzas D.M (2017) Capturing environmental plant memories in DNA, with a little help from chromatin. *Plant Cell Physiol.*, 58,1302-1312.

公募・竹澤

- Jahan, A., (6 authors) Toriyama, T., Shinozawa, A., Yotsui, I., Sakata, Y., and *Takezawa, D. (2019) Archetypal roles of an abscisic acid receptor in drought and sugar responses in liverworts. *Plant Physiol.*, 179, 317-328.

公募・打田

- *Uchida, N., (8 authors), Tada, Y., Kinoshita, T., Itami, K , *Hagihara, S., and *Torii, K. U. (2018) Chemical hijacking of auxin signaling with an engineered auxin-TIR1 pair. *Nature Chem. Biol.*, 14, 299-305.
- Hirakawa, Y., Shinohara, H., Welke, K., Irlle, S., Matsubayashi, Y., *Torii, K.U., and *Uchida, N. (2017) Cryptic bioactivity capacitated by synthetic hybrid plant peptides. *Nature Commun.*, 8, 14318.
- Tameshige T, Okamoto S, Lee JS, Aida M, Tasaka M, *Torii, K.U, and *Uchida, N. (2016) A Secreted Peptide and its receptors shape the auxin response pattern and leaf margin morphogenesis. *Curr. Biol.*, 26, 2478-2485.

公募・芦荊

- Bessho-Uehara, K., (24 authors), *Mori, H., *McCouch, S.R., and *Ashikari, M. (2016) Loss of function at *RAE2*, a novel EPFL, is required for awnlessness in cultivated Asian rice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 113, 8969-8974.

公募・藤井

- *Fujii, S., Tsuchimatsu, T., (6 authors), Itoyama, W., Wada, Y., Shimizu, K. K., and *Takayama, S. (2019) A stigmatic gene confers interspecies incompatibility in the Brassicaceae. *Nature Plants*, 5, 731-741.
- Yasuda, S., (11 authors) , Fujii, S., *Watanabe, M., and *Takayama, S. (2016) A complex dominance hierarchy is controlled by polymorphism of small RNAs and their targets. *Nature Plants*, 3, 16206.
- Fujii, S., Kubo, K., and *Takayama, S. (2016) Non-self- and self-recognition models in plant self-incompatibility. *Nature. Plants*, 2, 16130.

公募・西條

1. *Saijo, Y., and Loo, E.P. (2019) Plant immunity in signal integration between biotic and abiotic stress responses. *New Phytol.*, 225, 87-104.
2. Ariga, H., Katori, T., Tsuchimatsu, T., Hirase, T., Tajima, Y., (14 authors), Saijo, Y., and *Taji, T. (2017) NLR locus-mediated trade-off between abiotic and biotic stress adaptation in *Arabidopsis*. *Nature Plants*, 3, 17072.

公募・有村

1. Iida, J., (5 authors), Maffei, M. E., Ozawa, R., Nakajima, T., Galis, I., and *Arimura, G. (2019) Tetranins: new putative spider mite elicitors of host plant defense. *New Phytol.*, 224, 875-885.
2. Sukegawa, S., Shiojiri, K., Higami, T., Suzuki, S., and *Arimura, G. (2018) Pest management using mint volatiles to elicit resistance in soy: mechanism and application potential. *Plant J.*, 96, 910-920.
3. Nemoto, K., Ramadan, A., Arimura, G., Imai, K., Tomii, K., Shinozaki, K., and *Sawasaki, T. (2017) Tyrosine phosphorylation of the GARU E3 ubiquitin ligase promotes gibberellin signalling by preventing GID1 degradation. *Nature Commun.*, 8, 1004.

公募・川崎

1. Yamada, K., Yamaguchi, K., (18 authors), and *Kawasaki, T. (2016) The Arabidopsis CERK1-associated kinase PBL27 connects chitin perception to MAPK activation. *EMBO J.*, 35, 2468-2483.

公募・高橋

1. Sato, H., Takasaki, H., Takahashi, F., (7 authors), and *Shinozaki, K. (2018) *Arabidopsis thaliana* NGATHA1 transcription factor induces ABA biosynthesis by activating *NCED3* gene during dehydration stress. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 115, E11178-E11187.
2. *Takahashi, F., (5 authors), Fukuda, H., Yamaguchi-Shinozaki, K., and *Shinozaki, K. (2018) A small peptide modulates stomatal control via abscisic acid in long-distance signaling. *Nature*, 556, 235-238.

公募・関

1. Nakaminami, K., (10 authors), *Seki, M., and *Hanada, K. (2018) AtPep3 is a hormone-like peptide that plays a role in salinity stress tolerance of plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 115, 5810-5815.
2. *Kim, J. M., (23 authors), Sakakibara, H., Ogihara, Y., Saito, K., Shinozaki, K., Devoto, A., and *Seki, M. (2017) Acetate-mediated novel survival strategy against drought in plants. *Nature Plants*, 3, 17097.

公募・木羽

1. *Toda, E., Koiso, N., Takebayashi, A., Ichikawa, M., Kiba, T., (4 authors), and *Okamoto, T. (2019) An efficient DNA- and selectable-marker-free genome-editing system using zygotes in rice. *Nature Plants*, 5, 363-368.
2. Osugi, A., Kojima, M., Takebayashi, Y., Ueda, N., Kiba, T., and *Sakakibara, H. (2017) Systemic transport of trans-zeatin and its precursor have differing roles in *Arabidopsis* shoots. *Nature Plants*, 3, 17112.

公募・木村

1. Yoshiyama, K.O., (2 authors), and *Kimura, S. (2017) Increased phosphorylation of Ser-Gln sites on SUPPRESSOR OF GAMMA RESPONSE1 strengthens the DNA damage response in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell*, 29, 3255-3268.

公募・清水

1. *Song, Y. H., (13 authors), Shimizu, K. K., and *Imaizumi, T. (2018) Molecular basis of flowering under natural long-day conditions in *Arabidopsis*. *Nature Plants*, 4, 824-835.

公募・高野

1. Irieda, H., (10 authors), and *Takano, Y. (2019) Conserved fungal effector suppresses PAMP-triggered immunity by targeting plant immune kinases. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 116, 496-505.

公募・玉田

1. *Ishikawa, M., (10 authors), Tamada, Y., Sato, Y., and *Hasebe, M. (2019) Physcomitrella STEMIN transcription factor induces stem cell formation with epigenetic reprogramming. *Nature Plants*, 5, 681-690.
2. *Kubo, M., Tamada, Y., (7 authors), *Reski, R., and *Hasebe, M. (2019) Single-cell transcriptome analysis of Physcomitrella leaf cells during reprogramming using microcapillary manipulation. *Nucleic Acids Res.*, 47, 4539-4553.

公募・千葉

1. Motomura, K., (10 authors), and *Chiba, Y. (2019) AtNOT1 is a novel regulator of gene expression during pollen development. *Plant Cell Physiol.*, 61, 712-721.
2. Arae, T., (6 authors) and *Chiba, Y. (2019) Identification of *Arabidopsis* CCR4-NOT complexes with Pumilio RNA binding proteins, APUM5 and APUM2. *Plant Cell Physiol.*, 60, 2015-2025.

公募・豊田

1. *Toyota, M., Spencer, D., Sawai-Toyota, S., Wang, J., Zhang, T., Koo, A., Howe, G., and *Gilroy, S. (2018) Glutamate triggers long-distance, calcium-based plant defense signaling. *Science*, 361, 1112-1115.

公募・野田口

1. *Notaguchi, M., Kurotani K., (7 authors), Ichihashi Y., Shirasu K., Suzuki T., Niwa M., Higashiyama T. 2020. Cell-cell adhesion in plant grafting is facilitated by β -1,4-glucanases. *Science*, in press.
2. Tsutsui H., Yanagisawa N., Kawakatsu Y., Ikematsu S., Sawai Y., Tabata R., Arata H., Higashiyama T., *Notaguchi, M. 2020. Micrografting device for testing systemic signaling in *Arabidopsis*. *Plant J.*, in press.

公募・松下

1. Ushijima, T., (11 authors), and *Matsushita, T. (2017) Light controls protein localization through phytochrome-mediated alternative promoter selection. *Cell*, 171, 1316-1325.

公募・山口

1. Yamaguchi, N., (6 authors), Kiba, T., Yokoyama, R., Nishitani, K., Sakakibara, H., and *Ito, T. (2018) Chromatin-mediated feed-forward auxin biosynthesis in floral meristem determinacy. *Nature Commun.*, 9, 5290.
2. Yamaguchi, N., Huang, J., Xu, Y., Tanoi, K., and *Ito, T. (2017) Fine-tuning of auxin homeostasis governs the transition from floral stem cell maintenance to gynoecium formation. *Nature Commun.*, 8, 1125.

【学会発表】 国際学会 428 件、国内学会 1,096 件、

【産業財産権】 特許出願 25 件

【ホームページ】 日本語 <https://www.rs.tus.ac.jp/plantmemory/> 英語 <https://www.rs.tus.ac.jp/plantmemory/en/>

【主催シンポジウム】 国際シンポジウム 10 件、国内シンポジウム 8 件

1. Frontiers in plant environmental response research (名古屋大学・東山キャンパス) 2019 年 11 月 18 日-19 日
2. Cold Spring Harbor Asia Conference on Plant Cell and Development Biology (韓国・Gyeongju Hwabaek International Convention Center) 2019 年 11 月 3 日-7 日
3. The 3rd International Symposium on Plant Nuclear Dynamics (東京理科大学・野田キャンパス) 2019 年 7 月 8 日
4. 第 60 回日本植物生理学会年会シンポジウム (名古屋大学・東山キャンパス) 2019 年 3 月 13 日-14 日
5. The 2nd International Symposium on Plant Nuclear Dynamics (東京理科大学・野田キャンパス) 平成 30 年 9 月 18 日
6. 日本植物学会 第 82 回大会シンポジウム (広島国際会議場) 2018 年 9 月 16 日
7. 日本植物学会 第 81 回大会シンポジウム (東京理科大学・野田キャンパス) 2017 年 9 月 8 日
8. THE PLANT EPIGENETICS CONSORTIUM IN JAPAN - SECOND MEETING (国立遺伝学研究所) 2017 年 8 月 31 日(木)-9 月 1 日(金)
9. International Symposium on Imaging Frontier 2017 (東京理科大学・野田) 2017 年 7 月 8 日-9 日
10. 第 58 回日本植物生理学会年会シンポジウム「Signaling pathways and growth regulation in response to environmental signals」(鹿児島大学) 2017 年 3 月 17 日
11. 第 58 回日本植物生理学会年会国際シンポジウム「Frontier of Plant Epigenome Regulation in Environmental Stress Adaptation and Development」、鹿児島大学郡元キャンパス、2017 年 3 月 16-18 日.
12. International Symposium on Environmental Stress Adaptation and Memory in Plants (理化学研究所・横浜キャンパス) 2017 年 2 月 27 日~28 日
13. Cold Spring Harbor Asia Conference 「Latest Advances in Plant Development and Environmental Response」(淡路夢舞台国際会議場) 2016 年 11 月 29 日~12 月 2 日
14. International Symposium on Plant Nuclear Dynamics (東京理科大学・野田) 2016 年 11 月 16 日
15. 日本植物学会 第 80 回大会・共催シンポジウム (沖縄コンベンションセンター) 2016 年 9 月 16 日
16. 第 79 回日本植物学会年会シンポジウム「植物の環境認識と自律分散型情報統御システム」(新潟コンベンションセンター) 2016 年 9 月 6 日
17. 日本分子生物学会・日本生化学会合同大会・共催ワークショップ (神戸国際会議場) 2015 年 12 月 2 日
18. 日本植物学会シンポジウム (朱鷺メッセ・新潟コンベンションセンター) 2015 年 9 月 6 日

【一般向けアウトリーチ活動】 領域 HP <https://www.rs.tus.ac.jp/plantmemory/outreach/> に掲載

- ・2015 年度 小学生サマースクール(7/8)、小学生のための科学教室(8/9)、名古屋市科学館公開講座・体験学習(11/7)、スーパーサイエンスハイスクールにおける研究紹介(11/14)など、20 件
- ・2016 年度 サイエンスカフェ(5/25, 27)、夢ナビライブにおける講演(7/21)、小学校実験授業(7/26)、公開実験講座「バイオサイエンス・バイオテクノロジーを体験する」(8/6-7)など、56 件
- ・2017 年度 TV 番組 BS ジャパンへの出演(4/27)、高校理科担当教員向け研修会(7/4)、イノベーション JAPAN2017 への出展(8/31)、小学生対象科学体験イベント(10/15)など、45 件
- ・2018 年度 サイエンスチャレンジ講座(4/14)、バイオ e カフェ(6/12)、高校生進路決定の夢ナビライブにて講演(7/28)、小学生向け科学体験イベント(8/10)など、48 件
- ・2019 年度 川崎市民アカデミー講演(6/3)、小学生向け科学体験イベント(6/23)、研究交流サロン(7/4)、夢ナビ講義ライブ(7/20)、サイエンス講座「植物の DNA を見てみよう」(7/30)など、34 件

7 研究組織の連携体制

本領域では、中枢神経を持たない植物が、細胞や組織レベルで分散型の応答を行う一方、それらの情報を全身的な情報伝達系により統御する植物特有のダイナミックな環境刺激伝達機構の全体像を解明し、環境記憶がどのように植物の巧みな生存戦略を導いているのかを明らかにすることを旨とした。多彩な植物の環境応答の分子機構を包括的に理解するには、個別研究の集まりではなく、統合的・戦略的な融合研究領域の構築が不可欠であるため、研究項目を分けず、計画班員(8名)および公募班員(第1期19名、第2期18名)が互いに協力し合う形での有機的連携研究を進めた(図13)。研究推進に欠かせない共通大型機器や最新技術による解析については、研究支援センター(次世代シーケンス部門、質量分析部門、イメージング部門、*in vitro*タンパク質合成部門)により全面的に支援する体制を整え、技術面が律速とならない効率的な研究環境を提供した。また、国際的ネットワーク構築と若手研究者の育成を新学術領域の大きな使命と考え、総括班に海外研究拠点(英国 John Innes Centre・The Sainsbury Laboratory、米国 Stanford University)を設置し、若手研究者が共同研究のために渡航する若手海外渡航支援費を計上することにより、世界的な研究ネットワークの形成を促進した。さらに月例の計画班スカイプ会議、年数回の合同ラボセミナー、年2回の公募班や支援班を含めた領域会議、不定期に開催しているテクニカルセミナーなどにより、研究情報を領域全体で共有できる環境を整えた。この密接な研究体制の効果により、これまでに200件を超える領域内共同研究が行われ、数多くの成果が発表された。以下に代表的な共同研究成果を示す(表1)。

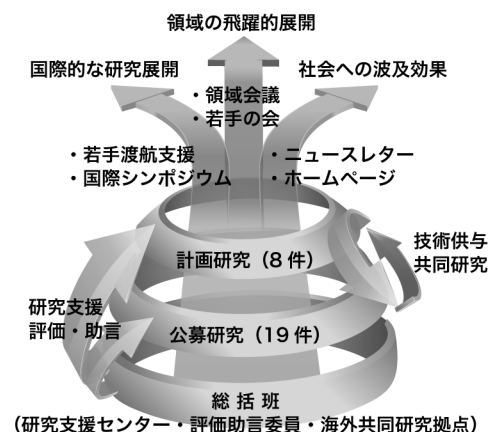


図13. 領域の飛躍的展開を目指した領域内連携体制

表1. 領域内共同研究による代表的な成果.

主研究班	共同研究班	共同研究の成果の概要	発表論文
松下(公募班)	多田(支援班)	植物における光シグナルによるゲノムワイドな転写開始点制御の発見	Cell 2017
白須(計画班)	鈴木(支援班)	植物におけるキノン化合物を認識する受容体の発見	Nature 2020
高橋(公募班)	篠崎(計画班)・福田(計画班)	乾燥耐性を付与する植物ペプチドホルモンを発見	Nature 2018
野田口(公募班)	白須(計画班)・鈴木(支援班)	植物の接木に関わる重要因子の発見	Science 2020
木下(計画班)	桑田(支援班)	寄生植物ストライガの発芽を誘導するスーパーストリゴラクトンの創製	Science 2018
篠崎(計画班)	高橋(公募班)	水分欠乏ストレス時に不要な mRNA の分解が活性化されることを発見	Nature Plants 2017
打田(公募班)	木下(計画班)・木村(公募班)	オーキシン応答の自在操作技術の創成	Nature Chem Biol 2018
篠崎(計画班)	高橋(公募班)	水分欠乏ストレス時に活性化される RAF 様キナーゼを同定	Nature Commun. 2020
松永(計画班)	角谷(計画班)・関(公募班)	植物再生に関わるエピジェネティックプライミング制御因子の発見	Nature Commun. 2019
寿崎(公募班)	松永(計画班)・三浦(公募班)	硝酸に反応して根粒形成を制御する転写因子 NRSYM1 の発見	Nature Commun. 2018
山口(公募班)	木羽(公募班)	オーキシンが花幹細胞の増殖停止を制御することを発見	Nature Commun. 2018
打田(公募班)	松林(計画班)	多機能性人工ペプチドホルモンの創出	Nature Commun. 2017
木下(計画班)	篠崎(計画班)	概日時計に関わる低分子化合物の発見および作用機序の解明	PNAS 2019
高橋(公募班)	篠崎(計画班)	乾燥に適応するためのホルモン制御	PNAS 2019
篠崎(計画班)	高橋(公募班)	乾燥と高温ストレス応答を制御する転写因子の分解機構を解明	PNAS 2017
白須(計画班)	松永(計画班)・木羽(公募班)	寄生植物が生合成したサイトカイニンの宿主組織への移行	PNAS 2017
芦荊(公募班)	木下(計画班)・松林(計画班)	イネの種子の芒形成に関わるペプチドホルモンの同定	PNAS 2017
山口(公募班)	木羽(公募班)	オーキシンがおしべの数を決定することを発見	EMBO J. 2018
川崎(公募班)	白須(計画班)	植物が病原菌の感染を検知し防御態勢を取る仕組みの解明	EMBO J. 2016
杉本(計画班)	Wigge P.(海外拠点)	葉の生長を制御する新規転写制御機構の解明	Curr Biol 2020
白須(計画班)	木羽(公募班)	寄生植物ストライガのゲノムを解読	Curr Biol 2019

8 当該学問分野及び関連学問分野への貢献の状況

本領域が発足して以来、*Nature*, *Science*, *Cell*, *Nature* 姉妹誌など国際学術誌に発表した論文総数は 462 報であった。その多くは関連分野の研究者に引用されており、実際、2015 年～2019 年に福田班員、白須班員、篠崎班員、関班員、2019 年に松林班員が Thomson Reuters 社, Clarivate Analytics 社の植物・動物科学部門 Highly Cited Researchers に選出されており、関連分野に大きなインパクトや波及効果を与えてきた。発表論文の多くは、プレスリリースを積極的に行い、新聞やテレビ、インターネットニュースとして広く一般社会に紹介された。これまでに新聞に 169 回、テレビに 9 回など、合計 397 回メディアに取り上げられた。

さらに、本領域期間中には、各班員の活躍により、国内外で 57 の賞を受賞した。班員による主な受賞を以下に示す。

第 12 回（平成 27 年度）日本学術振興会賞 松林嘉克
2015 年度日本植物学会 JPR 論文賞 Best Paper 賞 木下俊則
平成 29 年 文部科学大臣若手研究者賞 中道範人
第 35 回井上学術賞（平成 30 年度） 松林嘉克
平成 30 年度 みどりの学術賞 篠崎和子
平成 30 年 文部科学大臣若手研究者賞 山口暢俊
第 24 回（2019 年度）平瀬賞 松永幸大
2019 年度 日本植物生理学会奨励賞 寿崎拓哉
2019 年度 日本植物学会奨励賞 寿崎拓哉
読売テクノフォーラム 第 25 回ゴールドメダル賞（令和元年度） 松林嘉克
第 16 回（令和元年度）日本学士院学術奨励賞 松下智直
2020 年 PCP Top Cited Review 賞（日本植物生理学会） 木羽隆敏
令和 2 年（第 1 4 回）みどりの学術賞 福田裕穂

また、本領域で得た最新の研究成果をシンポジウムの開催、ホームページでの紹介、ニュースレターの発行などを通じて、関連分野の研究者に積極的に紹介することに務めてきた。本領域の主要学会である日本植物生理学会や日本植物学会においては、毎年シンポジウム主催するとともに、領域主催の国際研究集会を 13 回開催した。特筆すべきは、平成 28 年 12 月に淡路夢舞台国際会議場で行った Cold Spring Harbor Asia (CSHA) Conference 「Latest Advances in Plant Development and Environmental Response」である。CSHA conference は Cold Spring Harbor のアジア拠点として、これまで毎年中国で開催されていたが、本領域が co-organizer となり、日本での初めての開催となった。海外から 200 人以上の外国人が参加し、植物環境応答の最前線について議論する場として高く評価された。

本領域は「②当該領域の各分野発展・飛躍的な展開を目指すもの」として領域研究を進めてきたが、上述したように、多くの研究業績をあげ、3つの柱である「局所的・自律的応答システム」、「長距離シグナリング」、「環境記憶システム」について、卓越した業績を上げるとともに、領域研究後半には、これらを統合した自律分散型の統御に必須と考えられる「局所的な応答を時空間的に統合するシステム」について、植物内を根から葉へ、葉から根へ長距離移行して環境情報を空間的に統御する因子群の発見 (*Nature Commun.* 2020, *Nature* 2018) や、「植物情報を集約するシグナルセンター」のひとつが葉の維管束にあることの発見は特筆すべき成果 (*Nature Plants* 2017) である。また、植物のエピジェネティックな細胞記憶の分子実体の解明に向けて、これに関わる因子の同定 (*Nature Plants* 2015, *Nature Commun.* 2019) や可視化技術の確立も着実に進んだ (*Sci. Rep.* 2017)。加えて、気孔孔辺細胞において日長情報の記憶を通じて気孔開度が制御される新たな環境応答システムも見出され (*Sci. Rep.* 2019)、新学術領域を推進することではじめて得られた成果も多く出てきており、十分な達成度と考えられる。

9 若手研究者の育成に関する取組実績

若手研究者育成は新学術領域の重要な使命と考え、これに向けた取組みを積極的に進めてきた。年に一回開催される若手の会では、若手研究者が研究発表を行い、議論を深めると共に、若手研究者育成につながる以下のような特別企画を行った。

第1回若手の会：英語で全ての研究発表を行ない、海外共同研究拠点から招聘した若手研究者を含めた国際グループディスカッションによる新たな研究提案を試みた（図14）。



図14. 第1回若手の会での国際グループディスカッション

第2回若手の会：通常の発表に加え、特別講演として「海外研究事情～海外での研究生活で培ったこと

～」、および「今までみえなかったものが見える？～細胞内イベントの可視化～」を企画した。

第3回若手の会：通常の発表に加え、海外でのPI経験者による特別講演として「野外変動環境での植物の環境認識：日米欧での異分野間共同研究から」及び「私の研究人生」を企画した。

第4回若手の会：通常の発表に加え、特別講演として「トップジャーナル掲載に向けてのコネ無し真っ向勝負のススメ」及び「海外（たび）に出よう！ 5年間の海外ポスドク生活で得られたもの」を企画した。また、優れた発表には発表優秀賞を授与した。

第5回若手の会：通常の発表に加え、特別講演として「リン酸化による植物の微細構造物の制御」及び「いろいろなボスから学んで、今、トランスフォーマティブです」を企画した。

これらの企画により、若手研究者同士の交流が広がり、若手研究者の将来構想や、若手研究者を中心とした新たな共同研究や連携研究のきっかけとなったと考えられる。

また、本領域では、国際活動支援班を利用した国際共同研究は基本的には若手研究者を中心に進めてきた。本領域内での取り決めとして、単なる国際学会参加だけでは支給せず、実質的な共同研究を伴う渡航にのみ支援を行ってきた。これまでに平成27年度に17件、平成28年度に13件、平成29年度6月に14件、平成30年に13件、令和元年に9件の合計66件の支援を行うことで、本領域の若手研究者による海外共同研究の発展を促した。また、平成28年～令和元年には5名の海外若手研究者を日本に招聘し、1ヶ月～3年の共同研究支援も行うことで、日本から本領域の目指す研究潮流の発信にも務めた。

こうした取り組みは、領域内の若手研究者のキャリアアップにも貢献しており、これまでに36名が特任准教授や助教、研究員などの常勤の研究職に就き、21名が非常勤の研究職に就職した。特筆すべき受賞としては、名古屋大学の野元美佳助教が、2018年 ロレアルーユネスコ女性科学者日本奨励賞、2019年 ロレアルーユネスコ女性科学賞―国際新人賞を受賞し、マスコミ等で大きく取り上げられた。

10 その他

研究成果取りまとめにおいては、本領域の成果を日本語の冊子体で、またインターネットを利用した配信を通じて分かりやすく紹介する取り組みを行った。最終年度はインターネットを利用した配信のひとつとして、研究者インタビューサイト「植物科学のトビラ」を開設し、植物科学の面白さや基礎研究の重要性を社会一般に広く発信することを目指した。これまでに計画班および公募班の14名のPIを取材し、研究者になったきっかけ、研究内容やその面白さ、成果の社会的意義などを象徴的な写真とともにインタビュー形式で紹介している。毎日50~100件のアクセスがあり、班員の研究がメディア放映された際などには検索サイトを經由した訪問者でアクセス数が数倍に増えることから、情報発信サイトとして一定の役割を果たしていると自負している。領域研究の終了後も引き続き更新を続けており、現在24名の記事を掲載中である。

植物科学のトビラ

<https://interview.plant-resilience.jp/>

 植物科学のトビラ INTERVIEW FEEDBACK



 Our future with plant biology

植物科学と歩むミライ

サイエンティストの数だけ物語がある

5億年前に陸上に進出した植物は、現在では地球上で最大のバイオマスを占め、未来の食料・エネルギー・環境問題の鍵を握る存在となっています。

植物は動かないから地味ですって？いいえ、動き回らないからこそ私たちが驚くほどの能力を進化させ、現在の繁栄を築いたのです。その植物の生き様は多くのサイエンティストたちを魅了し、植物科学という大きな研究分野として発展しました。

このウェブサイトでは、自然界を生き抜く植物の様々な能力の秘密を解き明かしてきた日本の植物科学者たちへのインタビューを紹介していきます。植物科学のトビラの向こうには、たくさんの驚きや発見が皆さんを待っていることでしょう。

 INTERVIEW