

領域略称名：植物細胞壁機能
領域番号：3404

平成29年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「植物細胞壁の情報処理システム」

(領域設定期間)

平成24年度～平成28年度

平成29年6月

領域代表者 (東北大学・大学院生命科学研究科・教授・西谷 和彦)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	6
2. 研究領域の設定目的の達成度	8
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	11
4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況	12
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	14
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧，ホームページ，公開発表等）	17
7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況	22
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用，研究費の効果的使用を含む）	24
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	28
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	29
11. 総括班評価者による評価	30

研究組織 (総括：総括班, 計画：総括班以外の計画研究, 公募：公募研究)

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00	24114001 植物細胞壁の情報処理システム	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	西谷 和彦	東北大学大学院・生命科学研究科・教授	6
A01 計	24114002 オミクス解析による細胞外情報処理空間構築の統合的理解	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	出村 拓	奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・教授	4
A01 計	24114003 細胞壁の構築と生理機能発現における膜交通の役割と分子機構の解析	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	上田 貴志	基礎生物学研究所・細胞動態研究部門・教授	4
A01 計	24114004 細胞外刺激に応答する細胞骨格の再編成	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	橋本 隆	奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・教授	2
A02 計	24114005 情報処理空間としての細胞壁高次構造の構築と動態制御	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	西谷 和彦	東北大学大学院・生命科学研究科・教授	8
A02 計	24114006 植物の細胞機能や発生・分化における細胞壁多糖・糖タンパク質の機能の解明	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	佐藤 忍	筑波大学・生命環境科学研究科・教授	5
A02 計	24114007 細胞骨格の制御を介した細胞外情報処理機構の解明	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	馳澤 盛一郎	東京大学・新領域創成科学研究科・教授	5
A02 計	24114008 植物細胞壁成分の合成酵素および分解酵素を用いた細胞外情報処理空間の動的可視化	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	五十嵐 圭日子	東京大学大学院・農学生命科学研究科・准教授	2
A03 計	24114009 細胞外情報処理空間における細胞間・生物間情報伝達機構の解析	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	澤 進一郎	熊本大学大学院・先端科学研究部・教授	2
A03 計	24114010 細胞外空間を經由する植物ホルモン動態と機能に関する研究	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	山口 信次郎	東北大学大学院・生命科学研究科・教授	2
統括・支援・計画研究 計 10 件					
A01 公	25114501 擬似植物細胞モデルにおける微小管の力学応答特性	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	角五 彰	北海道大学 理学研究院・准教授	1

A01 公	25114504, 15H01223 MAPキナーゼとM期キネシンによる細胞板構築の分子機構(25114504) MAPキナーゼを中心とした細胞板の構築を制御する分子メカニズムの研究(15H01223)	平成25年度 ～ 平成28年度	笹部 美知子	弘前大学・農学生命科学部・准教授	2
A01 公	25114506, 15H01224 カルシウムと細胞壁機能の相互制御	平成25年度 ～ 平成28年度	藤原 徹	東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授	1
A01 公	25114507, 15H01243 二次細胞壁のパターン形成を支配する空間シグナルの解明	平成25年度 ～ 平成28年度	小田 祥久	国立遺伝学研究所・新分野創造センター・准教授	1
A01 公	25114510, 15H01233 細胞壁再構成をともなう離生細胞間隙形成の分子機構	平成25年度 ～ 平成28年度	石崎 公庸	神戸大学大学院・理学研究科・准教授	3
A01 公	25114514, 15H01238(廃止) リン酸化制御因子による細胞壁構築メカニズムの解明(25114514) リン酸化制御因子による細胞壁構築ダイナミクスの解明(15H01238)	平成25年度 ～ 平成27年度	松永 幸大	東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授	1
A01 公	15H01227 非対称分裂時の細胞板配置機構の解明	平成27年度 ～ 平成28年度	五島 剛太	名古屋大学大学院・理学研究科・教授	1
A01 公	15H01232 ペクチン質多糖ラムノガラクトツロナン II 合成関連遺伝子の新規同定	平成27年度 ～ 平成28年度	小林 優	京都大学・農学研究科・准教授	1
A01 公	15H01236 葉緑体レトログレードシグナルによる細胞壁制御	平成27年度 ～ 平成28年度	椎名 隆	京都府立大学大学院・生命環境科学研究科・教授	1
A01 公	15H01241 植物細胞壁多糖合成に関与するゴルジ体局在膜タンパク質複合体の解析	平成27年度 ～ 平成28年度	石水 毅	立命館大学・生命科学部・准教授	1
A02 公	25114502, 15H01222 細胞伸長を制御するハウ酸によるペクチン架橋の形成(25114502) ペクチンのハウ酸架橋による細胞伸長の制御(15H01222)	平成25年度 ～ 平成28年度	三輪 京子	北海道大学・地球環境科学研究科・准教授	1
A02 公	25114508, 15H01230 クライオ顕微質量分析によるリグニン生合成前駆物質の輸送と貯蔵の可視化(25114508) クライオ顕微質量分析法による植物内有機・無機成分の輸送と貯蔵の可視化(15H01230)	平成25年度 ～ 平成28年度	福島 和彦	名古屋大学大学院・生命農学研究科・教授	4

A02 公	25114515, 15H01239 細胞表層の活性酸素-カルシウムシグナルネットワークによる細胞壁の機能制御	平成 25 年度 ～ 平成 28 年度	朽津 和幸	東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授	3
A02 公	25114520, 15H01235 植物細胞の分化・増殖の柔軟性における細胞壁再構築の役割の解明 (25114520) 植物細胞の脱分化・器官再生におけるペクチン構造再構築の役割 (15H01235)	平成 25 年度 ～ 平成 28 年度	大谷 美沙都	奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・助教	1
A02 公	15H01237 植物-植物相互作用における細胞外空間の可塑的動態	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	青木 考	大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授	1
A02 公	15H01229 花粉表層の立体構造エキシンの形態を決める細胞壁多糖の鋳型機能とその構築機構	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	石黒 澄衛	名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授	1
A02 公	15H01234 花幹細胞における細胞壁の制御と機能	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	伊藤 寿朗	奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・教授	1
A03 公	25114503(廃止) 特殊化した植物細胞における細胞壁再構築の制御機構の解析	平成 25 年度	Derek Bartlem	KWS SAAT AG ・ Head of Research USA	1
A03 公	25114509, 15H01231 花粉管誘引に関わる生理活性物質の同定と花粉管細胞壁での受容機構の解明 (25114509) 花粉管細胞壁に作用する花粉管誘引物質の構造と機能の解明 (15H01231)	平成 25 年度 ～ 平成 28 年度	金岡 雅浩	名古屋大学大学院・理学研究科・講師	2
A03 公	25114511 細胞壁空間を交錯する類似情報分子群を秩序立てて区別・認識するメカニズムの解析	平成 25 年度 ～ 平成 26 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・特任准教授	1
A03 公	25114513 表皮細胞形態形成時における細胞壁再構築機構の解析	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	富永 るみ	広島大学・生物圏科学研究科・講師	2
A03 公	25114516 MAMP 受容体を介した細胞壁での防御応答機構	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	澁谷 直人	明治大学・農学部・名誉教授	2
A03 公	25114517, 15H01242 植物の病原菌認識に伴う MAPK カスケードの活性化機構の解 (25114517) 植物免疫における受容体シグナルのクロストークの分子基盤の解明 (15H01242)	平成 25 年度 ～ 平成 28 年度	川崎 努	近畿大学・農学部バイオサイエンス学科・教授	2

A03 公	25114518 ケミカルバイオロジーによる細胞膜オーキシン受容体の機能	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	林 謙一郎	岡山理科大学・理学部・教授	2
A03 公	25114519 根粒共生における宿主細胞と根粒菌の相互認識機構の解析	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	寿崎 拓哉	筑波大学・生命環境系・准教授	2
A03 公	25114521, 15H01246 植物病原体の感染戦略と細胞外免疫応答	平成 25 年度 ～ 平成 28 年度	吉田 聡子	奈良先端科学技術大学院大学・研究推進機構・特任准教授	2
A03 公	15H01226 木部分化制御の厳密性を規定する細胞外シグナル統合の解析	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	近藤 侑貴	東京大学・理学系研究科生物科学専攻・助教	2
A03 公	15H01240 MAMP 受容体を介した細胞壁での防御応答機構	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	賀来 華江	明治大学・明治大学農学部・教授	2
A03 公	15H01245 受容体による環境情報感知機構とゲノム編集による機能解明	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	刑部 祐里子	徳島大学・生物資源産業学部・准教授	2
A03 公	15H01247 病原体の侵入を細胞壁が感知する機構および意義	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	中神 弘史	Max Planck Institute for Plant Breeding Research, Basic Immune System of Plants・Protein Mass Spectrometry・Group Leader	3
公募研究 計 30 件					

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ以内）

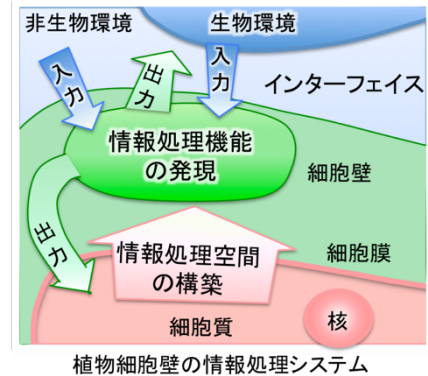
研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

研究領域の目的

(1) 本領域が我が国の学術水準の向上・強化につながる新たな研究領域である点について

中枢神経系により一元的に個体統御を行う方向に進化した後生動物とは対照的に、陸上植物は個体を構成する各細胞が高い自律応答性を獲得し、それらの総体として個体全体を統御するシステムを進化させてきた。この分散型の統御系は、発生や生体防御など、陸上植物の生命過程全般を通して普遍的に観られるシステムである。

この自律応答性システムでは、細胞膜の外側の細胞壁領域および細胞膜近傍で情報の処理と応答を完了することが多い。このように細胞壁領域で自律的に情報統御を行うシステムを本領域では「細胞外インテリジェントシステム」と定義する。その機能は後生動物における脳・神経系や液性免疫系に似るが、植物体内の機能の場が、ニューロンや体液ではなく、細胞壁という植物固有の安定な動的超構造である点で、両者には相同性がない。したがって、これを理解するには、動物のアナロジーは有効ではなく、植物独自の新規の学問領域を開拓していく以外に方法がない。



そこで、本領域では、細胞外インテリジェントシステムに関わる現象について顕著な成果を挙げながらも、互いに接点を持たず異なる研究分野で個別に研究を進めてきた研究者が結集・連携し、有機的な研究ネットワークを作ることにより、各自の研究手法を融合させた共同研究体制を構築しながら、包括的な研究の展開を目指す。これが達成されれば、植物の自律的応答性に関する新しい概念が構築されるばかりでなく、植物科学の分野に細胞壁機能を中心とした新しい研究領域の展開が期待される。更に、この新領域を我が国が先導することにより、我が国の生命科学一般について、その学術水準を飛躍的に向上させる牽引力になると期待できる。

(2) 交付申請時における本領域名称変更の経緯および、

以上の考え方に基づいて、本研究領域は「植物の細胞外インテリジェントシステム」の領域名称で提案し、採択されたが、交付申請の段階で「細胞外インテリジェント」の表現が社会に及ぼす影響を考慮する必要があるとの強い指導が審査委員会よりあったので、文科省と協議し、領域名称を現行のものに変更した。また、その変更に合わせて、各計画研究課題中の「細胞外インテリジェント」の表記を「細胞壁の情報処理」に変更した。それに伴って、申請時の領域計画書で「細胞外インテリジェント」と表記していた内容は、本事後報告書では、「細胞壁の情報処理システム」と表記している。

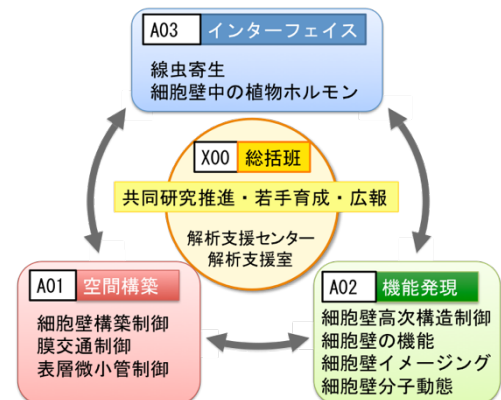
(3) 本領域が目指す研究の学術的背景

植物細胞壁の情報処理システムの基盤となる細胞間の情報伝達に関わるシグナル分子について、我が国は長い研究の歴史をもち、これまでに世界をリードしてきた。すなわち、澤は新規ペプチドホルモンの構造や作用機構を解明し、山口は器官間、生物間のコミュニケーションに関わる新規の植物ホルモンであるストリゴラクトンを発見した。一方、情報処理系の舞台となる細胞壁についても、我が国は顕著な業績をあげ、世界をリードしてきた。西谷は細胞壁の再編酵素であるXTHファミリーを発見し、出村は維管束の細胞壁形成や細胞死を司るVND因子群を発見し、佐藤は細胞壁の細胞接着や組織の癒傷に関わる因子群を発見し、それぞれ世界をリードしている。細胞壁成分の合成・分泌に必須の膜交通については、上田が植物固有の分子装置を発見し、五十嵐は高速原子間力顕微鏡を用いてセルラーゼによる細胞壁分解過程をリアルタイムではじめて観察し、細胞骨格と細胞壁との関係については、橋本が表層微小管の動態がカタニンにより制御されることを見だし、馳澤はイメージング技術と情報処理技術を開発し、細胞構築の基盤となる細胞骨格の動態を可視化してきた。これら、細胞

壁や細胞骨格，植物ホルモン，細胞間情報伝達，膜交通，病害応答に関する研究成果は，本領域の研究を推進する上で直接の学術的基盤となるものである。しかし，個別の研究推進のみでは「細胞壁の情報処理システム」という新しい学問領域の開拓は困難で，そのブレークスルーを目指すには，これら異分野の研究者が連携し，共通の研究テーマを定め，様々な角度から集中的に解析し，研究を加速度的に推進できる研究体制の構築が求められる。

□ 研究の概要

そこで，本領域では，関連領域で顕著な研究業績を持つ9チームの研究者が，互いに研究テーマを部分的に共有しながら有機的な研究ネットワークを作り，総括班が全チームのハブとなり (1)空間構築，(2)機能発現，(3)インターフェイス機能の三つの研究項目について，研究項目横断的に細胞壁の情報処理システムを解剖する。



(1) 研究項目A01：情報処理の場としての植物細胞壁を細胞内部より構築する仕組みの解明

情報処理空間を構成する実体である細胞壁の高次構造の構築の全体像は未解明であるが，これまでの研究で，2千種以上の遺伝子はその過程に直接関わることを明らかにしている。これらの遺伝子群の働きを統御する制御因子を手がかりに，(i) 情報処理空間の構築・再編に関わる全分子群の動態と機能，分子間相互作用を，包括的に解析する。同時に (ii) 植物固有の膜交通と分泌に関与する因子を手がかりに，情報処理空間構築の制御ポイントとなる分泌過程とエンドサイトーシスの制御機構を解明する。更に，(iii) 情報処理空間構築に関わる細胞膜直下の細胞骨格系の制御過程を明らかにする。

(2) 研究項目A02：植物細胞壁が情報処理機能を発揮する分子メカニズムの解明

研究項目A01が空間構築に焦点を当てるのに対して，A02は細胞外情報処理空間内での自律的応答のものに焦点を当てる。細胞骨格の動きを可視化する技術や，細胞壁成分を解析する手法を開発してきたので，これらの方法を用いて，これまで観察されたことのなかった細胞外でのタンパク質動態や酵素により触媒される生化学過程を解明し，細胞外情報処理空間の動態と機能を総合的に理解する。具体的には，(i) 細胞外シグナル分子や機械刺激，傷害，微生物感染などの個別の入力信号が情報処理空間内で細胞壁高次構造の変化を介して発生過程や防御反応の制御に関わる信号に変換される分子過程の実体を特定する。次いで，(ii) それに関わる細胞壁成分や酵素，細胞骨格，それらをコードする遺伝子の機能を解明する。

(3) 研究項目A03：細胞間・生物間のインターフェイス機能の分子基盤の解明

研究項目A01，02が情報処理空間内の素過程に焦点を当てるのに対して，A03は細胞間または生物間の相互作用，すなわちインターフェイスとしての機能に焦点を当て，高次現象の基盤となる分子過程の解明を進める。具体的には，(i) 植物に他の植物が寄生する際の細胞認識や寄生成立に関わる寄生植物固有の細胞壁中に分泌されるエフェクター分子の同定と，それを手がかりとした植物間相互作用の分子実体の包括的解明，(ii) 植物に線虫が感染する際に引き起こされる形態変化におけるCLEペプチドホルモン等のシグナル分子による制御機構の解明，(iii) 細胞外を経て微生物と植物の共生成立に関わるストリゴラクトンなどの植物ホルモンの役割の解明，(iv) 傷および力学的刺激に応答した細胞壁機能の変化を通じた発生過程の制御機構の解明，をそれぞれ研究項目A01，A02と連携を取りながら進める。

(4) 研究課題の一部廃止について：白須賢の計画研究課題は基盤研究Sの採択のため交付申請時に廃止し，松永幸大の公募研究課題は他領域研究の計画研究課題採択のため途中で廃止した。

2. 研究領域の設定目的の達成度（3ページ以内）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らしての達成度合いについて、具体的に記述してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

□ 研究領域全体の設定目的の達成度

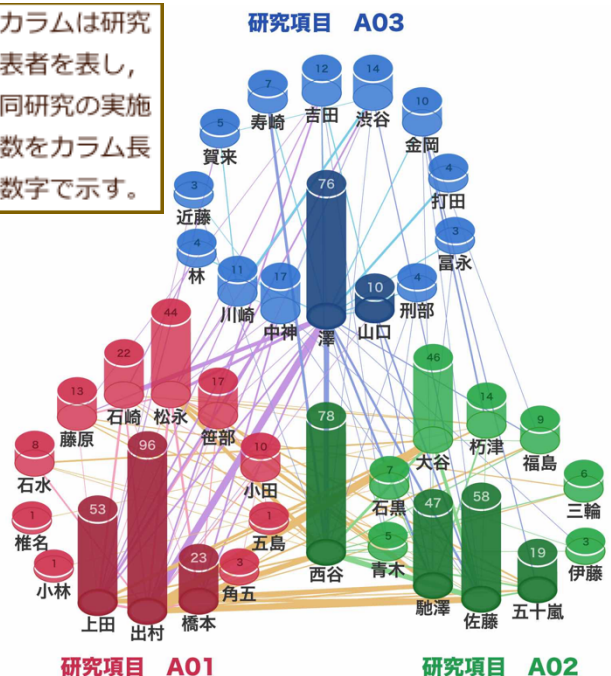
最終目標である「植物細胞壁の情報処理」という全く新しい概念の構築と、それを基盤とした「新学術領域」を創成するために、前半2年では、研究コミュニティ形成に力を入れ、領域代表が計画・公募の全班員へサイトビジットを行い、全班員が本領域の研究目標を共有し、それに向かって研究を推進する研究体制を構築した。ついで、後半3年では、前半で構築した研究コミュニティを最大限に活用し、班員間の共同研究を基にした異分野の概念の融合を推進し、それにより、これまでの植物科学の研究には無かったアプローチで細胞壁の構造と機能に関する多次元の解析を進めることができた。その結果、領域内共同研究件数はH26年の中間評価時には160件であったものが、H29年3月末では331件と倍増し、その成果は38本の論文として結実した（下の図および、表を参照）。

中間評価においては、本領域が計画に掲げた「情報処理システムとしての細胞壁」の概念が、これまでの植物科学にはない新しい概念であるため、イメージが掴みにくく、雲のような漠然とした目標のように見えるとの指摘を頂いた。そこで、領域としては、後半の研究では、この点に特に留意して、すでにサイトビジットにより構築していた研究体制を基盤として、領域代表が陣頭指揮を執り、総括班の研究支援体制を更に強化し、領域の全班員が一丸となり一つの目標に向かって研究を推進するよう指導力を発揮した。この研究推進体制の強化が功を奏して、班員全体の個々の研究が、細胞壁の情報処理システムの実体の解明という一つの方向に収斂したと考えている。そして、その結果、領域全体として「超高次構造からなる植物細胞壁そのものが、植物の多次元の高次機能の統御に関わる情報そのものとして働く」ことを実証する成果が多数得られた。これらの成果は、右の表に示す通り、585本の論文として国際誌に発表すると同時に、103本の総説、31冊の書籍として内外で出版した。更に、18回の領域主催シンポジウム、30回の共催の研究集会、114回のアウトリーチ活動、HPやWebサイトを通して、内外に発信した。

これらの成果並びにその発信活動は、いずれも所期の数値目標を遙かに上回り、特に、成果の新規性や独自性においては、当初の期待を大きく上回ると判断できる。この点で、新興・融合の学問領域の創成という所期の目標は、予想以上の成果を伴って達成されたと判断している。

領域内の共同研究のネットワーク

各カラムは研究代表者を表し、共同研究の実施回数をカラム長と数字で示す。



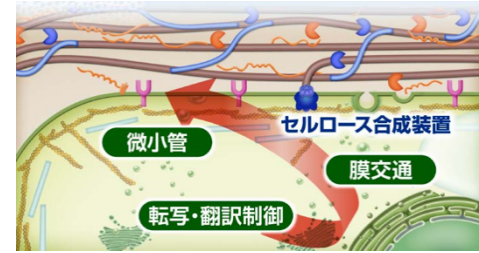
設定目標達成状況

論文（国際誌・査読有）数	585本
IF 8以上	88本 (15.0%)
IF 7以上	107本 (18.3%)
IF 5以上	213本 (36.4%)
IF 4以上	323本 (55.2%)
論文（国内誌等）数	103本
書籍（編集・章の執筆）	31冊 (64件)
共同研究の実施件数	331件
共同研究成果の論文(国際誌)数	38本
領域主催シンポジウム等	18回
アウトリーチ活動	114回
ホームページ閲覧回数	301,438回/4年
データベース閲覧回数	3,203,589回/4年

□ 研究項目毎の設定目的の達成度

<研究項目A01> 情報処理の場としての植物細胞壁を細胞内部より構築する仕組みの解明

本研究項目の設定目標は、①コケ植物から被子植物までの植物細胞壁構築システムの進化、②細胞壁構築に関わる膜交通、③細胞壁形成の基盤となる表層微小管の制御の三つの視点から細胞壁の構築と再編に関わる分子過程を解剖することである。



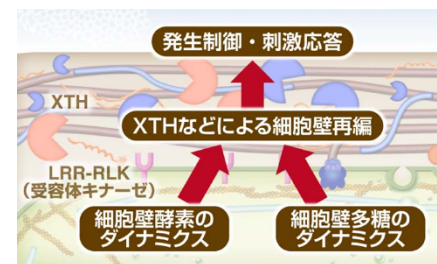
まず出村は細胞壁形成転写ネットワークの進化の解明を目指し、コケ植物であるヒメツリガネゴケの *VND7* 遺伝子ホモログ (VNS 遺伝子群) の機能解析を行い、通水細胞ハイドロイドと支持細胞ステライドの細胞分化が VNS 遺伝子群によって制御されていることを示した (Xu et al., 2014 *Science*)。更に、大谷と共同で、道管分化のマスター転写因子である *VND7* の下流で展開する二次細胞壁形成についてのオミクス解析により、二次細胞壁形成時に一次代謝経路の活性化が起こることを明らかにした (Ohtani et al., 2016 *Plant Physiol*; Li et al., 2016 *Plant Physiol*.)。

細胞壁の構築と機能発現における膜交通の役割については、上田が、セルロース合成酵素複合体 (CSC) がダイナミン依存的にエンドサイトーシスされる様子を可視化した。更に、二種のフォスファチジルイノシトールキナーゼ (PI3KおよびPI4K) がCSCの輸送の異なる過程に関与すること (Fujimoto et al., 2015 *PCP*), RAB11が植物の病原応答に関わるフラジェリン受容体FLS2の輸送を制御すること (Choi et al., 2013 *Plant Cell*; Mbengue et al., 2016 *PNAS*) を明らかにした。

細胞壁構築を細胞膜の内側より制御する表層微小管の構築と再編の制御機構の解析については、橋本が脱リン酸化ドメインとリン酸化ドメインを併せもつPHS1蛋白質を解析し、PHS1が α チューブリンのThr349をリン酸化し、リン酸化されたチューブリンは微小管ポリマーに重合できないことを明らかにし、環境ストレスによる制御を受けることを解明した (Wong et al., 2017 *BMC Plant Biol.*)。これらの成果より、本研究項目A01の所期の設定目的は達成されたと考えている。

<研究項目A02> 植物細胞壁が情報処理機能を発揮する分子メカニズムの解明

本研究項目の設定目標は、①細胞骨格や細胞壁成分の動きを可視化する技術や、細胞壁酵素の生化学的な反応解析により、細胞壁空間の動態と機能に関わる因子の同定を進めると共に、②細胞内外からの様々な刺激が入力信号となり細胞壁空間内で細胞壁の高次構造の変化を介して発生過程などの制御に関わる出力信号に変換されていく過程の実体を解明することである。



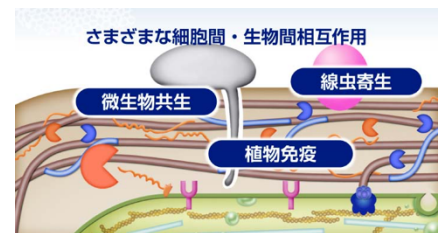
細胞壁モデルについては、キシログルカンがセルロース微繊維を架橋して、ネットワーク状に繋ぎ留められているとする“繋ぎ留めネットワークモデル”が長く信じられてきた。1992年に西谷がエンド型キシログルカン転移酵素/加水分解酵素 (XTH) ファミリーの酵素群を発見した後は、XTHによるキシログルカン架橋の繋ぎ換えが細胞壁再編の唯一の分子過程であると広く信じられてきた。本領域の研究で、西谷は五十嵐と共同で XTH ファミリー中に、セルロース分子を繋ぎ換える新規の酵素活性を持つ酵素 (エンド型セルロース転移酵素, CET) の存在を実証し、“繋ぎ留めネットワークモデル”に代わる新モデルを提唱した (Shinohara et al., 2017 *Sci. Rep.*)。CET は細胞壁の高次構造の再編と同時に力学特性を直接変化させる酵素であることから、細胞壁に関わる応力という入力信号を変形という出力に変える情報処理過程を触媒する因子を同定したことになり、A02 の主要目的を達成したことになる。

外からのシグナル (入力信号) に応答した細胞壁の高次構造の解析については、五十嵐は高速原子

間力顕微鏡で植物細胞壁成分の自己組織化や分解過程の動的に可視化する技術を開発し (Igarashi et al., 2014 *Nat. Commun.* ; Nakamura et al., 2014 *J. Am. Chem. Soc.*), **西谷は馳澤**とセルロース微繊維を可視化してセルロースの細胞壁内での高次構造を定量化する手法を開発した。**佐藤**は細胞壁のペクチンのメチル化の制御を通じた高次構造の制御が花粉管のメカニカルガイダンス機能において情報となっていることを実証した。更に**佐藤**は**西谷**と共同で、シロイヌナズナの花茎が切断されたときの組織癒合に XTH による細胞壁再編がオーキシンの制御を受けながら進むことを実証した (Pitaksaringkarn et al., 2014 *Plant J.*)。植物-植物間の相互作用における細胞壁の高次構造は**西谷**と**青木**が協力して、アラビノガラクトタンが関与することを見いだした。これらの成果はいずれも、細胞壁の高次構造の変化が、発生や生物間相互作用などの際の情報に変換されていく実体の解明に繋がるもので、研究項目 A02 の目標は全て達成されたと言ってよい。

<研究項目A03> 細胞間・生物間のインターフェイス機能の分子基盤の解明

細胞間または生物間相互作用におけるインターフェイス機能に焦点を当て、細胞壁の情報処理過程の実体を解明するのが本研究項目の目的である。**澤**は、植物感染性線虫が植物の特定組織へ誘引される現象を解析し、シロイヌナズナ種子に誘引活性が有り、その誘引活性は細胞壁成分である事を明らかにした。



この研究により細胞壁高次構造そのものが植物-動物間の生物間認識機構における情報となることが初めて実証された。**金岡**は雌しべの中での花粉管の伸長制御に於ける細胞壁の情報処理機能において LURE, CALL1 が花粉管誘導因子として働く過程を分子解剖し、花粉管伸長に RbohH・J が機能する事を示した (Kaya et al., 2014 *Plant Cell*)。近藤は細胞間相互作用により維管束細胞が分化する局面で、細胞壁空間で機能する TDIF が受容体に結合する様式を明らかにし (Morita et al., 2016 *Nature Commun.*), 人工的操作による維管束細胞の分化を可能にした (Kondo et al., 2016 *Nature Commun.*)。山口は、植物体内の細胞壁空間を通り、長距離の情報伝達に関わる植物ホルモンのストリゴラクトンに注目し、先ず、カーラクトンがストリゴラクトンの生合成中間体であり、MAX1 によりカーラクトン酸に変換される事を証明し (Seto et al., 2014 *PNAS*; Abe et al., 2014 *PNAS*), ついで、カーラクトンのモノヒドキシ体が細胞壁空間を移動する際のシグナル形態であることを突き止め、細胞壁空間内の長距離情報伝達システムの実体をはじめて解明した。寿崎は、サイトカイニンが茎頂から地下部へ細胞壁空間を経由して長距離移動し、核内倍化を伴う根粒形成を制御することも明らかにした

(Sasaki et al., 2014 *Nature Commun.* ; Suzaki et al., 2014 *Development*)。寄生植物の宿主植物のトランスクリプトーム解析により宿主側では、**吉田**が、免疫応答に関わる遺伝子群の発現上昇が起こることを明らかにし、ジャスモン酸生合成が寄生植物抵抗性に寄与していることを示した (Mutuku et al., 2015 *Plant Physiol.*)。吉田はさらにトランスクリプトーム解析により寄生時のインターフェイスでシグナルとして機能する多数の細胞壁蛋白質を同定した。病害応答過程については、**渋谷**, **川崎**, **賀来**, **中神**が連携して、細胞壁中に侵入した微生物が植物細胞壁の情報処理を経産される MAMP (微生物関連分子パターン) が細胞膜受容体を介して MAP キナーゼカスケードに転換される詳細な分子機構を明らかにした (Yamada et al., 2016 *EMBO J.* ; Ishikawa et al., 2014 *Nature Commun.* ; Hayafune et al., 2014 *PNAS*; Akamatsu et al., 2013 *Cell Host Microbe*.)。

以上の成果はいずれも、細胞間・生物間の相互作用のインターフェイスとしての細胞壁機能を解明したもので、本研究項目が目指した目標は十分に達成された。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1 ページ以内）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

問題点 1 領域名称が採択時に審査員より不適切との指摘を受けたこと：本研究領域は「植物の細胞外インテリジェントシステム」という領域名称で課題を提案し採択されたが、審査のヒアリングの段階で審査委員会より「インテリジェント」という言葉が社会に及ぼす影響を考慮する必要があるとの強い意見があり、「審査結果の所見」とは別に、口頭で強く改善を求められた。

問題点 1 に対する対策

交付が内定の段階で文科省と協議し、審査委員会の意見を尊重し、領域名称を「植物細胞壁の情報処理システム」に変更すると共に、領域計画書の研究項目の名称なども「細胞外インテリジェント」から「細胞壁の情報処理」に変更することとした。しかし、研究計画そのものは当初の計画通り、植物のインテリジェントなシステムに関する新しい領域の開拓という姿勢で進めた。

問題点 2 計画研究課題の一部廃止：申請段階では研究項目 A03 の計画研究課題として白須賢が病害応答に於ける細胞壁の情報処理機能の解明を担当することになっていたが、基盤研究 S が採択され、その研究代表者となることになったため、交付申請の段階で、本領域の研究代表者を辞退し、当該の計画研究課題を廃止した。

問題点 2 に対する対策

白須担当予定の計画研究課題は、一部を領域代表の西谷と研究項目 A03 計画課題担当の澤が、それぞれの計画研究として取り組み、残りの課題は、公募研究課題としてカバーすることにした。その結果、公募研究課題として渋谷、川崎、吉田、賀来、青木が植物の防御における細胞壁の情報処理過程の分子解剖の解析を進め、当初の計画を超える成果を出した。

問題点 3 地震で研究室が被災したこと：平成 28 年 4 月 14 日に熊本地震により計画研究課題代表者の澤の研究室が被災した。

問題点 3 に対する対策

地震対策に関する経験と対応策について、東北地方太平洋沖地震を経験した西谷（東北大）からアドバイスを得、効率的な復旧が可能となった。また、本新学術班員を含めた多くの研究者、研究機関から、地震直後には、食料などの支援が得られた。また、地震 1 ヶ月後程度以降には、研究復旧として、種子等研究材料の調達や、機器の共同利用、学生の受け入れなど、多くの支援オファーがあり、研究レベルを低下させることなく、研究を再開することが出来た。

4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況（2ページ以内）

審査結果の所見及び中間評価において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

<審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

本領域の審査結果の所見の全文は以下の通りである。

本研究領域は、細胞膜およびその外側で自立的に情報統御を行うシステムを「細胞外インテリジェント系」と定義し、その物理的構築、機能発現、インテリジェントインターフェースを系統的かつ斬新な切り口で解明しようとする意欲的な提案である。また、生物科学全般における意義も高く、新学術領域研究の名にふさわしい目的設定である。動物のような循環系をもたない植物において、細胞壁や細胞間隙での情報処理に着目した目的は明解で、植物細胞壁機能の新概念の提示が期待できるだけでなく、植物感染防御やバイオマス研究への波及効果も期待できる。領域代表者は、これまでの実績から十分なマネジメントを発揮できると考えられ、また、計画研究も実績のある研究者から構成されていることから、高い水準の成果が期待できる。一方で、さらに相乗効果の高い研究を推進するために、研究者間における共同研究や連携方法に関する更なる工夫や、研究成果の社会還元を明確にすることに留意する必要がある。

所見では、最後の下線部で、①相乗効果の高い研究の推進、②研究者間における共同研究や連携方法の更なる工夫、③研究成果の社会還元を明確にすること、の三つの宿題が与えられた。

指摘事項への対応策：

三点に対応するため、交付申請時に総括班の体制を大幅に見直し、以下の措置を講じた。

- ① 相乗効果の高い研究推進については、研究支援センターと二つの支援室を設置し、大型機器の集中配備に加え、研究テーマ毎の専任の支援グループを設定し、支援の責任体制を明確にして班員の研究の質を相乗的に高めるためのハードとソフトの両面を整備した。
- ② 公募研究課題が決まった段階で、領域代表が全班員にサイトビジットを行い、全班員が領域の最終目的を共有する体制作りを図り、同時に、班員間の共同研究を領域代表が積極的にアレンジし、領域全体が一丸となり多元的な共同研究ネットワークを作って研究を推進する仕組みを構築した。
- ③ 経験豊かなサイエンスコミュニケーターである工藤光子氏（立教大学）を領域代表の西谷の研究分担者に迎え、工藤氏が総括班での広報活動に専念する体制を作り、これまでの新学術領域研究には無かった斬新なHP運営や、全国を行脚する長期の巡回展示などのアウトリーチ活動を実施し、新しい概念の社会への受容を図った。

<中間評価で指摘を受けた事項への対応状況>

中間評価の所見の抜粋を下記に示す。

A+（研究領域の設定目的に照らして、期待以上の進展が認められる）

1. 総合所見

前半省略 植物細胞壁の生理機能について新しい視点を与えようとする斬新な領域目標は、既に発表されつつある多彩な研究成果から十分に成功していると判断できる。一方、植物細胞壁が示す様々な生理機能について、統一的視点が与えられるかはまだ不明である。

そもそもそのようなものはないのかもしれないが、それも含めて、細胞壁空間の重要性、有用性についての領域からの今後の情報発信に期待する。

2. 評価の着目点ごとの所見 (1) 研究の進展状況

前半省略 細胞壁空間に着目した視点は斬新であり、そこから新しい研究がさまざまに生まれているが、逆に、これまで重要とされてきた細胞内の様々な機構との関連が見えなくなっている。研究期間後半に向けて、細胞内機能とどのような関係性を持つのか、理解を進めて欲しい。

中間評価における指摘事項への対応：

唯一の指摘項目は、本領域が謳っている細胞壁の情報処理システムの実体が従来の概念に照らしてどのようなものかが分かり難いという、評価者の疑問に基づくコメント（破線のアンダーラインの部分）であると理解した。この疑問への解答こそが、われわれが最終目的として求めているもので、この答えは、本領域の5年目にして漸く明確になってきたと考えている。すなわち、本領域の研究によって到達した結論は「植物細胞の情報処理の実体は、従来のシグナル分子や蛋白質間相互作用のようなものではなく、細胞壁という超高次構造の状態そのものの動態が、高次機能を発揮する過程そのものである」という新しい概念である。領域が到達した結論は、そのまま、中間評価でのコメントへの解答になると考えている。

5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

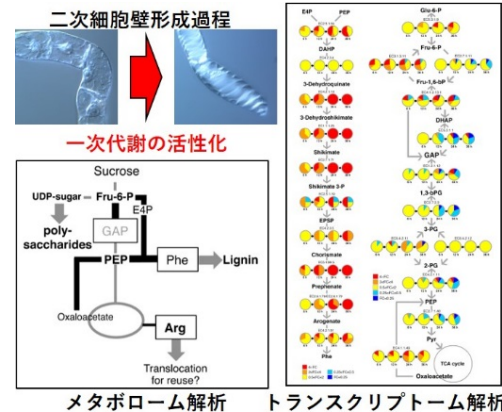
（3 ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

研究項目 A01：情報処理の場としての植物細胞壁を細胞内部より構築する仕組みの解明

A01-1 計画・出村

- 道管分化のマスター転写因子 VND7 の下流二次細胞壁形成のオミクス解析より、二次細胞壁形成時の一次代謝経路の活性化を解明した（大谷との共同研究；*Plant Physiol.* 2016）。
- 細胞壁再生過程のトランスクリプトーム解析などから、KOR2 が一次細胞壁形成に関与することを示した。
- ヒメツリガネゴケの VNS 遺伝子群が、通水細胞と支持細胞の分化を制御していることを示した（*Science* 2014；日経産業新聞他の各紙掲載）。



A02-4 計画・上田

- セルロース合成酵素複合体(CSC)のダイナミン依存的エンドサイトーシスの可視化に成功し、CSC 輸送におけるフォスファチジルイノシトールキナーゼの関与を実証（*PCP* 2015, *New Phytol.* 2017）。
- 植物で多様化した小胞輸送スイッチである RAB11 が、病原応答性に関わるフラジェリン受容体 FLS2 のエンドサイトーシスを制御することを見出した（*Plant Cell* 2013, *PNAS* 2016）。
- 細胞壁機能に必須の植物固有の液胞経路を見出した（*Curr Biol.* 2014；日経産業新聞掲載）。

A01-2 計画・橋本

- 表層微小管を不安定化する MAP キナーゼ・フォスファターゼである PHS1（*PCP* 2017）が、 α チューブリンの Thr349 をリン酸化し微小管の重合を抑制することを解明した。
- 細胞内では PHS1 のフォスファターゼ・ドメインはキナーゼ・ドメインの活性を抑制しているが、環境ストレス（特に高浸透圧）によりこの抑制が解除され、キナーゼが活性化されることを見出した（*Curr. Biol.* 2013；馳澤・中神との共同研究）。

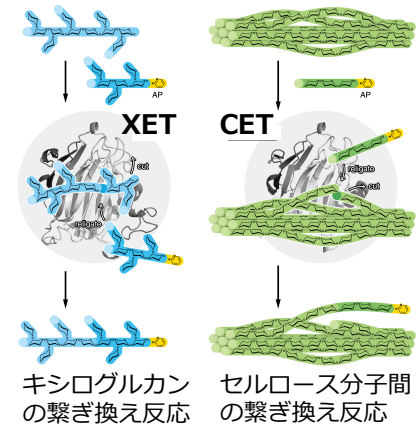
■ 公募研究課題毎の研究成果

- 石崎** 離生細胞間隙形成を制御する E3 ユビキチンリガーゼ NOP1 を同定し、NOP1 が細胞壁構築の制御に関わるセルロース合成制御因子 CSI と相互作用することを実証した（*Plant Cell* 2013）。
- 小田** 木部道管細胞壁の壁孔形成過程での微小管に従った二次細胞壁の沈着に新規の膜輸送制御経路 VETH-COG-Exocyst が必要なことを示した（*PCP* 2015, *New Phytol.* 2017）。
- 笹部** 細胞壁形成の初期過程である細胞板形成に必須の NACK1 キネシンを活性化する MAPK カスケード標的因子を同定し、NACK1 がモーター蛋白質機能をもつことを示した（*JPR* 2015）。
- 藤原** Ca 欠乏に応じた成長制御におけるカロース合成の重要性（*SSPN*2015），カスパー線合成に重要な因子、Ca 輸送と根の成長におけるスベリン蓄積の重要性（*Curr. Biol.* 2017）などを解明した。
- 松永** 細胞壁構築の初発ステップであるフラグモプラスト形成で機能するオーロラキナーゼ AUR のリン酸化ネットワークによる細胞壁合成制御メカニズムの一端を明らかにした（*JPR* 2016）。
- 角五** 高分子化学の手法により微小管の伸展装置を開発して、疑似細胞壁系での微小管の力学応答性評価を行い、微小管自身が力学刺激の方向を感知する機能をもつことを示した（*Biomacromol.* 2014）。
- 石水** キシラン多糖の合成機能をもつゴルジ体局在性の膜蛋白質複合体を単離した（*BBRC* 2017）。ラムノガラクトソナン I 主鎖の合成に関わる遺伝子群を見出した（投稿準備中；西谷との共同研究）。
- 五島** ヒメツリガネゴケの茎葉体の細胞版形成過程のライブ観察により分裂期直前に細胞質中に微小管形成中心（MTOC）が一時的に現れ、細胞板の位置を規定することを示した（論文投稿・改訂中）。
- 小林** ラムノガラクトソナン II の特異的構成糖である KDO の生合成経路に着目し、実体が不明であった 2 つの酵素についてシロイヌナズナの遺伝子を同定した（*Biosci. Biotech. Biochem.* 2017）。
- 椎名** レトログレードシグナル（RGS）が、EXP 遺伝子と XTH 遺伝子の発現をそれぞれ制御していることなど、オルガネラと細胞壁コミュニケーションの新しい姿を示した。

研究項目A02：植物細胞壁が情報処理機能を発揮する分子メカニズムの解明

A02-1 計画・西谷

- 新生セルロースの定量的可視化法を確立した（馳澤との共同研究）。
- 茎寄生植物ネナシカズラを用いた細胞壁研究用のゲノム情報と発現情報データベースを整備した（吉田・青木・出村との共同研究）。
- エンド型セルロース転移酵素 CET を発見し、新しい細胞壁モデルを提唱した（五十嵐との共同研究；*Sci. Rep.* 2017；日経新聞 2017）。
- 細胞壁内での珪素とグルカンの機能的相互作用を解明した（佐藤との共同研究；*PCP* 2015）。
- ペクチン脱メチルエステル化酵素 PME が細胞壁の力学特性を制御することを実証した（*Plant Cell* 2012, *Curr. Biol.* 2013）。



A02-2 計画・佐藤

- ペクチンのアラビノース側鎖が花粉細胞壁の形成発達に必須であることを示した（*PCP* 2015）。
- トマト果実軟化（*PLoS ONE* 2013, 2014）や器官脱離（*JPR* 2013, *Front. Plant Sci.* 2015）では局所的な組織領域毎に細胞壁再編が制御されていることを示した。
- シロイヌナズナ切断花茎の組織癒合ではオーキシン下流で XTH20 等の細胞壁関連遺伝子が髄の細胞分裂に必須であることを示す（*Plant Biotechnol.* 2014, *Plant J.* 2014a；西谷との共同研究）。
- 地上部ジベレリンに応答する鉄輸送体や CLE6 ペプチドを同定し（*PCP* 2014, *Plant J.* 2014b；山口・澤との共同研究），細胞壁 AGP 糖鎖が細胞形態構築に必須であることを示した（*Plant Physiol.* 2013）。

A02-3 計画・馳澤

- 葉表皮細胞の細胞壁の湾曲形成を理解するための数理モデルを提唱した（*PCP* 2017）。
- 細胞壁の湾曲形成を経時的に追跡する観察系を確立し、細胞壁の高次構造を人為的に変えることにより湾曲を制御できること画像解析技術により定量的に実証した（*PLOS Comput. Biol.* 2016）。
- 微小管動態の定量的画像解析手法を確立し（*Curr. Biol.* 2013；橋本との共同研究；*Nature Commun.* 2013b；笹部との共同研究），アクチン繊維が細胞分裂面の形成に必須であることを見出した（*PCP* 2013）。
- 膜輸送因子 PATROL1 が H⁺-ATPase 局在制御をとおして気孔開閉を制御することを実証した（*Nature Commun.* 2013a）。

A02-4 計画・五十嵐

- *Pichia* 酵母による多様な細胞壁分解酵素の大量発現を行った（*Biotechnol. Biofuels* 2016）。
- セルラーゼの酵素反応過程を中性子構造解析により水分子の動きとして解明した（*Science Adv.* 2015）。
- 性質の異なるセルラーゼの反応の連続性を解明した（*J. Amer. Chem. Soc.* 2014；*Nature Commun.* 2014）。
- 蛍光標識セルラーゼによる結晶性セルロースの AFM と蛍光顕微鏡による同時動的可視化（*J. Biol. Chem.* 2014；*Rev. Sci. Instr.* 2013），及び、キシログルカンとキシラン高速原子間力顕微鏡観察に成功した。

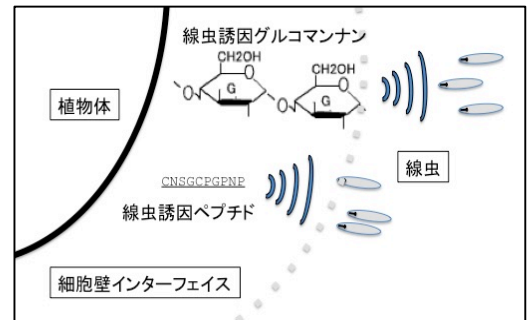
■ 公募研究課題毎の研究成果

- 三輪** ホウ素欠乏低感受性変異株の解析により、ペクチン多糖 RG-II の相対的ホウ酸架橋率が「細胞壁の情報」となり細胞伸長を決定する可能性を示した（西谷・出村・藤原との連携）。
- 福島** 低温-飛行時間型二次イオン質量分析法分析により、細胞壁中のモノリグノール配糖体などの各種水溶性成分の分布を顕微スケールで可視化した（*Sci. Rep.* 2016）。
- 朽津** Rboh/Nox ファミリーが細胞壁/細胞表層 Ca²⁺シグナルを ROS に変換し花粉管成長を制御することを明らかにした（*Plant Cell* 2014；金岡との共同研究；日刊工業新聞・日経バイオテック）。
- 大谷** 植物細胞の脱分化および器官再生にはペクチンの再構成が重要であることを明らかにした（*Sci. Rep.* 2016, *Plant Cell* 2013；出村との共同研究；上田・佐藤・西谷との連携）。
- 青木** ネナシカズラの RNAseq 解析に基づき寄生器官である吸器の探索糸細胞壁中のアラビノガラクトタン蛋白質を同定した（*Plant Methods* 2015；西谷との共同研究）。
- 石黒** 花粉細胞壁表層の樹脂からなるエキシンの文様を成形するのに、キシランやペクチンなどの多糖類が鋳型として働くことを見出した（*Plant Physiol.* 2017）。
- 伊藤** 細胞壁のゆるみ制御に関わるオーキシン関連遺伝子群を同定し、これらの遺伝子が花幹細胞の活性を制御している可能性を発見した（西谷との共同研究）。

研究項目A03：細胞間・生物間のインターフェイス機能の分子基盤の解明

A03-1 (計画・澤)

- 線虫エフェクターとして MSP7 を同定し、RNA-seq 等により下流因子を解明した (出村との共同研究)。
- 種子線虫誘引に必要な化合物として、細胞壁成分のグルコマンナンを同定した (佐藤班, 岩井・小竹との共同研究)。
- 根端線虫誘引物質の候補としてムシゲルに含まれる細胞壁成分の 10 アミノ酸ペプチドを同定した。
- CLE シグナル因子の受容体 BAM1・RPK2 及び、下流因子の PUB4・CLEN3 を同定した (*Development* 2015; 出村との共同研究; *New Phytol.* 2015, *EMBO Rep.* 2014; 相田との共同研究, *PNAS* 2014, *Plant J.* 2013)。



A03-2 (計画・山口)

- ストリゴラクトンの中間産物としてカーラクトンを同定した (*PNAS* 2014a)。
- ストリゴラクトンの合成について研究を進め (*Plant Physiol.* 2017, *PNAS* 2016, *Plant J.* 2015, *PNAS* 2014b, c), 根で合成されたカーラクトンが地上部に輸送され、ストリゴラクトンに変換することを示唆し、ストリゴラクトンの細胞内での濃度をモニターするセンサーの開発に利用可能なストリゴラクトン結合タンパク質を単離した。

■ 公募研究課題毎の研究成果

- 金岡** LURE よりも長距離にわたって花粉管が誘引される現象を発見し、その責任因子 CALL1 を同定した。LURE の花粉管誘引に必要なアミノ酸配列を同定した (*Plant Cell* 2014; 朽津との共同研究)。
- 打田** 葉の鋸歯の形成に EPFL と ER ファミリー遺伝子が関わることを明らかにし、ペプチド研究に関する新規ツールも開発した (*Nature Commun.* 2017, *Curr. Biol.* 2016)。
- 富永** 細胞壁酵素 CESA5 や XTH17 が GL2 転写因子の下流で機能することを明らかにした (西谷との共同研究)。CLE25 ペプチド処理により、カキの根の並層分裂が抑制されることを明らかにした。
- 渋谷** 細胞壁でキチンオリゴ糖を CEBiP が認識する仕組みを明らかにするとともに (*PNAS* 2014), PBL27 が CERK1 下流で病害抵抗性に機能することを明らかにした (*Plant J.* 2014; 川崎との共同研究)。
- 川崎** 細胞壁空間での病害抵抗性で、PBL27 が MAPK シグナル伝達系を活性化することを、生化学的・遺伝学的に明らかにした (*Plant J.* 2014; 渋谷との共同研究; *EMBO J* 2016, *PCP* 2017)。
- 林** TIR1/AFB 経路を介さずにオーキシシン応答を引き起こすオーキシシンアナログが PIN の細胞内局在を標的とすることを明らかにした (澤・出村との共同研究)。
- 寿崎** 根粒菌を宿主細胞へと誘導する役割を担う VAG1 遺伝子を特定し、核内倍加を制御することを示した (*Development* 2014)。また、根粒数の制御におけるサイトカイニンの役割を示した (*Nature Commun.* 2014)。
- 吉田** 寄生植物感染時のトランスクリプトーム解析により、寄生植物抵抗性へのジャスモン酸合成の寄与 (*Plant Physiol.* 2015) と、多数の細胞壁酵素群の顕著な発現誘導を明らかにした。
- Bartlem** ミヤコグサを用いて、細胞壁空間を利用して感染する北根瘤線虫の感染効率が低下する変異体を解析し、線虫のエフェクター蛋白質の網羅的探索を行った (澤との共同研究)。
- 刑部** 水分ストレス感知に関わる細胞外ドメインの構造が異なる複数の新規受容体型キナーゼ (RLK) 遺伝子を同定し、RLK 重複制遺伝子群の欠損変異株を作製し、機能解析を進めた。
- 賀来** 病原菌感染時の細胞壁内カロース蓄積の制御系を解析し MAMP 受容体直下で機能する E3 ユビキチンリガーゼ PUB4 を同定し、その機能を解析した (*Curr. Med. Chem.* 2016; 渋谷との共同研究)。
- 近藤** 二次細胞壁肥厚を伴う木部分化を支配するリガンド TDIF と受容体 TDR の結合様式を明らかにした (*Plant Cell* 2016)。また、TDIF 操作で維管束細胞の異所的作出に成功した (*Mol. Plant* 2015)。
- 中神** オリゴガラクトツロン酸 (OG) 以外に、シロイヌナズナやゼニゴケで ROS 生成を誘導する細胞壁多糖類が存在することを見出し、リン酸化プロテオーム解析でリン酸化制御を受ける因子の候補を見出した。

6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧，ホームページ，公開発表等）（5 ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文，書籍，ホームページ，主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。記述に当たっては，本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

- 論文の場合，新しいものから順に発表年次をさかのぼり，研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し，研究代表者には二重下線，研究分担者には一重下線，連携研究者には点線の下線を付し，corresponding author には左に*印を付してください。
- 別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については，冒頭に◎を付してください。
- 補助条件に定められたとおり，本研究課題に係り交付を受けて行った研究の成果であることを表示したもの（論文等の場合は謝辞に課題番号を含め記載したもの）について記載したもののについては，冒頭に▲を付してください（前項と重複する場合は，「◎▲・・・」と記載してください）。
- 一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

<発表論文>

査読付き国際誌掲載の論文 585 本のうち，323 本（55.2%）が Impact Factor（IF）4 以上，88 本（15%）が 8 以上の雑誌に掲載された。IF 8 以上の各雑誌掲載の論文本数は次の通り。

雑誌名	IF	本数	雑誌名	IF	本数	雑誌名	IF	本数
Plant Cell	9.5	21	Nat. Chem. Biol.	12.7	2	J. Amer. Chem. Soc.	13.0	1
PNAS	9.7	17	Trend Plant Sci.	10.9	2	Cell Host Microbe.	12.3	1
Nat. Commun.	11.3	13	EMBO J.	9.6	2	Nat. Protocol	9.6	1
Curr. Biol.	8.9	13	Nucleic Acid Res.	9.2	2	eLife	8.3	1
Science	33.6	5	Autophagy	9.2	2	合計		88
J. Cell Biol.	8.7	4	Ann. Rev. Plant Biol.	22.1	1			

以下に各研究代表者の代表的な発表論文（査読付き国際誌）を示す。

研究項目 A01：情報処理の場としての植物細胞壁を細胞内部より構築する仕組みの解明

A01-1(計画・出村) 計 39 件（査読有 39 件，査読無 0 件）

- ▲ *Ohtani, M., Akiyoshi, N., Takenaka, Y., *Demura, T. (2017) Evolution of plant conducting cells: perspectives from key regulators of vascular cell differentiation. *J. Exp. Bot.* **68**, 17–26. [大谷班との共同研究](#)
- ▲ Ohtani, M., Morisaki, K., Sawada, Y., Sano, R., Uy, A.L.T., Yamamoto, A., Kurata, T., Nakano, Y., Suzuki, S., Matsuda, M., Hasunuma, T., Hirai, M.Y., * Demura, T. (2016) Primary metabolism during biosynthesis of secondary wall polymers of protoxylem vessel elements. *Plant Physiol.* **172**, 1612–1624. [大谷班との共同研究](#)
- ▲ Xu, B., *Ohtani, M., Yamaguchi, M., Toyooka, K., Wakazaki, M., Sato, M., Kubo, M., Hiwatashi, Y., Murata, T., Kurata, T., Yoneda, A., Kato, K., Hasebe, M., *Demura, T. (2014) Contribution of NAC transcription factors to plant adaptation to land. *Science* **343**, 1505–1508. [日経産業新聞](#), [奈良新聞](#), [日刊工業新聞](#), [産経 web ニュース West](#), [Science Portal](#), [Naturejapanjobs](#) などに掲載

A01-2(計画・上田) 計 55 件（査読有 53 件，査読無 2 件）

- ▲ Kanazawa, T., *Ueda, T. (2017) Exocytic trafficking pathways in plants: why and how they are redirected. *New Phytologist*, in press.
- ▲ Ebine, K., Inoue, T., Ito, J., Ito, E., Uemura, T., Goh, T., Abe, A., Sato, K., Nakano, A., *Ueda, T. (2014) Plant vacuolar trafficking occurs through distinctly regulated pathways. *Curr. Biol.* **24**, 1375–1382. [日経産業新聞に掲載](#)
- ▲ Choi, S., Tamaki, T., Ebine, K., Uemura, T., *Ueda, T., Nakano, A. (2013) RABA members act in distinct steps of subcellular trafficking of the FLAGELLIN SENSING 2 receptor. *Plant Cell* **25**, 1174–1187.

A01-3(計画・橋本) 計 14 件（査読有 14 件，査読無 0 件）

- ▲ Wong, J.H., *Hashimoto, T. (2017) Novel Arabidopsis microtubule-associated proteins track growing microtubule ends. *BMC Plant Biol.* **17**, 33.
- ▲ Hotta, T., Fujita, S., Uchimura, S., Noguchi, M., Demura, T., Muto, E., *Hashimoto, T. (2016) Affinity purification and characterization of functional tubulin from cell suspension cultures of Arabidopsis and tobacco. *Plant Physiol.* **170**, 1189–1205. [出村班との共同研究](#)
- ▲ Fujita, S., Pytela, J., Hotta, T., Kato, T., Hamada, T., Akamatsu, R., Ishida, Y., Kutsuna, N., Hasezawa, S., Nomura, Y., Nakagami, H., *Hashimoto, T. (2013) An atypical tubulin kinase mediates stress-induced microtubule depolymerization in Arabidopsis. *Curr. Biol.* **23**, 1969–1978. [読売新聞](#), [奈良新聞](#), [日刊工業新聞](#), [化学工業日報](#), [科学新聞](#), [産経 WEB ニュース](#) に掲載, [中神班・馳澤班との共同研究](#)

A01 (公募・石崎) 計 39 件 (査読有 39 件, 査読無 0 件)

1. ▲*Ishizaki, K. (2015) Development of schizogenous intercellular spaces in plants. *Front. Plant Sci.* **6**, 497.

A01 (公募・小田) 計 10 件 (査読有 8 件, 査読無 2 件)

1. ▲Vukašinović, N., Oda, Y., Pejchar, P., Synek, L., Pečenková, T., Rawat, A., Sekereš, J., Potocký, M., *Žárský, V. (2017) Microtubule-dependent targeting of the exocyst complex is necessary for xylem development in *Arabidopsis*. *New Phytol.* **213**, 1052–1067.

A01 (公募・笹部) 計 15 件 (査読有 15 件, 査読無 1 件)

1. ▲*Sasabe, M., Ishibashi, N., Haruta, T., Aki Minami, A., Kurihara, D., Higashiyama, T., Nishihama, R., Ito, M., *Machida, Y. (2015) The carboxyl-terminal tail of the stalk of *Arabidopsis* NACK1/HINKEL kinesin is required for its localization to the cell plate formation site. *J. Plant Res.* **128**, 327–336.

A01 (公募・藤原) 計 15 件 (査読有 15 件, 査読無 0 件)

1. ▲*Li, B., *Kamiya, T., Kalmbach, L., Yamagami, M., Yamaguchi, K., Shuji, S., Sawa, S., Danku, J.M.C., Salt, D.E., Geldner, N., Fujiwara, T. (2017) Role of LOTR1 in nutrient transport through organization of spatial distribution of root endodermal barriers. *Curr. Biol.* **27**, 1–8. 科学新聞に掲載, 澤班との共同研究

A01 (公募・松永) 計 16 件 (査読有 16 件, 査読無 0 件)

1. ▲Hasegawa, J., Sakamoto, Y., Nakagami, S., Aida, M., Sawa, S., *Matsunaga, S. (2016) Three-dimensional imaging of plant organs using a simple and rapid transparency technique. *Plant Cell Physiol.* **57**, 462–472. 読売新聞, 熊本日々新聞, 日刊工業新聞等に掲載, Yahoo ニュースで内容紹介, 澤班との共同研究

A01 (公募・角五) 計 6 件 (査読有 6 件, 査読無 0 件)

1. ▲Kabir, A., Inoue, D., Hamano, Y., Mayama, H., Sada, K., *Kakugo, A. (2014) Biomolecular motor modulates mechanical property of microtubule. *Biomacromolecules* **15**, 1797–1805.

A01 (公募・石水) 計 3 件 (査読有 3 件, 査読無 0 件)

1. ◎▲Uehara, Y., Tamura, S., Maki, Y., Yagyū, K., Mizoguchi, T., Tamiaki, H., Imai, T., Ishii, T., Ohashi, T., Fujiyama, K., *Ishimizu, T. (2017) Biochemical characterization of rhamnosyltransferase involved in biosynthesis of pectic rhamnogalacturonan I in plant cell wall. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **486**, 130–136.

A01 (公募・五島) 計 14 件 (査読有 12 件, 査読無 2 件)

1. ▲Yamada, M., Miki, T., *Goshima, G. (2016) Imaging mitosis in the moss *Physcomitrella patens*. *Methods Mol Biol.* **1413**, 263–282.

A01 (公募・小林) 計 1 件 (査読有 1 件, 査読無 0 件)

1. ◎▲Zhou, Y., Awano, T., *Kobayashi, M., Matoh, T., Takabe, K. (2017) Immunocytochemical detection of rhamnogalacturonan II on forming cell plates in cultured tobacco cells. *Biosci. Biotech. Biochem.* **81**, 899–905.

A01 (公募・椎名) 計 11 件 (査読有 11 件, 査読無 0 件)

1. ▲Nomura, H., *Shiina, T. (2016) Plant endosymbiotic organelle calcium signaling under biotic and abiotic stresses. *J. Plant Physiol. Pathol.* **4**, 1–5.

研究項目 A02 : 植物細胞壁が情報処理機能を発揮する分子メカニズムの解明

A02-1 (計画・西谷) 計 33 件 (査読有 33 件, 査読無 0 件)

1. ◎▲Shinohara, N., Sunagawa, N., Tamura, S., Yokoyama, R., Ueda, M., Igarashi, K., *Nishitani, K. (2017) The plant extracellular enzyme AtXTH3 catalyses covalent cross-linking between cellulose and cello-oligosaccharide. *Scientific Reports* **7**, 46099. 日経新聞に掲載, Faculty of 1000 に選出, 五十嵐班との共同研究

2. ▲*Aoki, Y., *Okamura, Y., Tadaka, S., Kinoshita, K., *Obayashi, T. (2016) ATTED-II in 2016: a plant coexpression database towards lineage-specific coexpression. *Plant Cell Physiol.* **57**, e5.

3. ◎▲Kido, N., Yokoyama, R., Yamamoto, T., Furukawa, J., Iwai, H., Satoh, S., *Nishitani, K. (2015) The matrix polysaccharide (1;3,1;4)-β-D-glucan is involved in silicon-dependent strengthening of rice cell wall. *Plant Cell Physiol.* **56**, 268–276. 佐藤班との共同研究

4. ▲Narukawa, H., Yokoyama, R., Komaki, S., Sugimoto, K., *Nishitani, K. (2015) Stimulation of cell elongation by tetraploidy in hypocotyls of dark-grown *Arabidopsis* seedlings. *PLoS One* **10**, e0134547.

A02-2 (計画・佐藤) 計 38 件 (査読有 38 件, 査読無 0 件)

1. ▲Sawake, S., Tajima, N., Mortimer, J.C., Ishikawa, T., Yu, X., Yamanashi, Y., Yoshimi, Y., Kawai-Yamada, M., Dupree, P., Tsumuraya, Y., *Kotake, T. (2015) KONJAC1 and 2 are key factors for GDP-mannose generation and affect L-ascorbic acid and glucomannan biosynthesis in *Arabidopsis*. *Plant Cell* **27**, 3397–3409.

2. ▲Pitaksaringkarn, W., Matsuoka, K., Asahina, M., Miura, K., Sage-Ono, K., Ono, M., Yokoyama, R., Nishitani, K., Ishii, T., Iwai, H., *Satoh, S. (2014) XTH20 and XTH19 regulated by ANAC071 under auxin flow are involved in cell proliferation in incised *Arabidopsis* inflorescence stems. *Plant J.* **80**, 604–614. 西谷班との

共同研究

3. ▲ Bidadi, H., Matsuoka, K., Sage-Ono, K., Fukushima, J., Pitaksaringkarn, W., Asahina, M., Yamaguchi, S., Sawa, S., Fukuda, H., Matsubayashi Y., Ono, M., *Satoh, S. (2014) CLE6 expression recovers gibberellin deficiency to promote shoot growth in Arabidopsis. *Plant J.* **78**, 241–252. [山口班](#), [澤班との共同研究](#)

A02-3 (計画・馳澤) 計 44 件 (査読有 44 件, 査読無 0 件)

1. ▲ Kimata, Y., Higaki, T., Kawashima, T., Kurihara, D., Sato, Y., Yamada, T., Hasezawa, S., Berger, F., Higashiyama, T., *Ueda, M. (2016) Cytoskeleton dynamics control the first asymmetric cell division in Arabidopsis zygote. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **113**, 14157–14162. [朝日新聞](#), [中日新聞に掲載](#)
2. ◎ ▲ Hashimoto-Sugimoto, M., Higaki, T., Yaeno, T., Nagami, N., Irie, M., Fujimi, M., Miyamoto, M., Akita, K., Negi, J., Shirasu, K., Hasezawa, S., *Iba, K. (2013a) A Munc13-like protein in Arabidopsis mediates H⁺-ATPase translocation that is essential for stomatal responses. *Nature Commun.* **4**, 2215. [朝日新聞に掲載](#)
3. ▲ *Murata, T., Sano, T., Sasabe, M., Nonaka, S., Higashiyama, T., Hasezawa, S., Machida, Y., Hasebe, M. (2013b) Mechanism of microtubule array expansion in the cytokinetic phragmoplast, *Nature Commun.* **4**, 1967. [毎日新聞](#), [科学新聞に掲載](#), [笹部班との共同研究](#)

A02-4 (計画・五十嵐) 計 45 件 (査読有 42 件, 査読無 3 件)

1. ▲ Tachioka, M., Sugimoto, N., Nakamura, A., Sunagawa, N., Ishida, T., Uchiyama, T., Igarashi, K., *Samejima, M. (2016) Development of simple random mutagenesis protocol for the protein expression system in *Pichia pastoris*. *Biotechnol. Biofuels* **9**, 199.
2. ◎ ▲ *Igarashi, K., Uchihashi, T., Uchiyama, T., Sugimoto, H., Wada, M., Suzuki, K., Sakuda, S., Ando, T., Watanabe, T., Samejima, M. (2014) Two-way traffic of glycoside hydrolase family 18 processive chitinases on crystalline chitin. *Nature Commun.* **5**, 3975.
3. ▲ Nakamura, A., Watanabe, H., Ishida, T., Uchihashi, T., Wada, M., Ando, T., Igarashi, K., *Samejima, M. (2014) Trade-off between processivity and hydrolytic velocity of cellobiohydrolases at the surface of crystalline cellulose. *J. Amer. Chem. Soc.* **136**, 4584–4592.

A02 (公募・大谷) 計 25 件 (査読有 24 件, 査読無 1 件)

1. ▲ *Ohtani, M., Okubo-Kurihara, E., Kurihara, Y., Kakegawa, K., Kobayashi, M., Nagata, N., Komatsu, T., Kikuchi, J., Cutler, S., Demura, T., *Matsui, M. (2016) Modification of plant cell wall structure accompanied by enhancement of saccharification efficiency using a chemical, lasalocid sodium. *Sci. Rep.* **6**, 34602. [出村班との共同研究](#)

A02 (公募・朽津) 計 45 件 (査読有 44 件, 査読無 1 件)

1. ▲ Kaya, H., Nakajima, R., Iwano, M., Kanaoka, M.M., Kimura, S., Takeda, S., Kawarazaki, T., Senzaki, E., Hamamura, Y., Higashiyama, T., Takayama, S., Abe, M., *Kuchitsu, K. (2014) Ca²⁺-activated ROS production by Arabidopsis RbohH and RbohJ is essential for proper pollen tube growth. *Plant Cell* **26**, 1069–1080. [日刊工業新聞](#), [日刊工業新聞 web](#), [日経バイオテク等に記事掲載](#), [金岡班との共同研究](#)

A02 (公募・福島) 計 9 件 (査読有 9 件, 査読無 0 件)

1. ◎ ▲ *Aoki, D., Hanaya, Y., Akita, T., Matsushita, Y., Yoshida, M., Kuroda, K., Yagami, S., Takama, R., Fukushima, K. (2016) Distribution of coniferin in freeze-fixed stem of *Ginkgo biloba* L. by cryo-TOF-SIMS/SEM. *Sci. Rep.* **6**, 31525

A02 (公募・三輪) 計 7 件 (査読有 7 件, 査読無 0 件)

1. ▲ Aibara, I., *Miwa, K. (2014) Strategies for optimization of mineral nutrient transport in plants: multi-level regulation of nutrient-dependent dynamics of root architecture and transporter activity. *Plant and Cell Physiol.* **55**, 2027–2036.

A02 (公募・石黒) 計 3 件 (査読有 3 件, 査読無 0 件)

1. ▲ Suzuki, T., Narciso, J.O., Zeng, W., van de Meene, A., Yasutomi, M., Takemura, S., Lampugnani, E.R., Doblin, M.S., Bacic, A., *Ishiguro, S. (2017) KNS4/UPEX1: A type II arabinogalactan β-(1,3)-galactosyltransferase required for pollen exine development. *Plant Physiol.* **173**, 185–205.

研究項目 A03 : 細胞間・生物間のインターフェイス機能の分子基盤の解明

A03-1 (計画・澤) 計 33 件 (査読有 33 件, 査読無 0 件)

1. ▲ Kinoshita, A., Hove, C.A., Tabata, R., Yamada, M., Shimizu, N., Ishida, T., Yamaguchi, K., Shigenobu, S., Takebayashi, Y., Iuchi, S., Kobayashi, M., Kurata, T., Wada, T., Seo, M., Hasebe, M., Bilou, I., Fukuda, H., Scheres, B., Heidstra, R., *Sawa, S. (2015) A plant U-box protein, PUB4, regulates asymmetric cell division and cell proliferation in the root meristem. *Development* **142**, 444–453.
2. ▲ Shimizu, N., *Ishida, T., Yamada, M., Shigenobu, S., Tabata, R., Kinoshita, A., Yamaguchi, K., Hasebe, M., Mitsumasu, K., Sawa, S. (2015) BAM1 and RECEPTOR-LIKE PROTEIN KINASE2 constitute a signaling pathway and modulate CLE peptide triggered growth inhibition in Arabidopsis root. *New Phytol.* **208**, 1104–1113.

- 3.◎▲Ishida, T., Tabata, R., Yamada, M., Aida, M., Mitsumasu, K., Fujiwara, M., Yamaguchi, K., Shigenobu, S., Higuchi, M., Tsuji, H., Shimamoto, K., Hasebe, M., Fukuda, H., *Sawa, S. (2014) Heterotrimeric G proteins control stem cell proliferation through CLAVATA signaling in Arabidopsis. *EMBO Rep.* **15**, 1202–1209.
- A03-2(計画・山口) 計 27 件 (査読有 27 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Abe, S., Sado, A., Tanaka, K., Kisugi, T., Asami, K., Ota, S., Kim, H.I., Yoneyama, K., Xie, X., Ohnishi, T., Seto, Y., *Yamaguchi, S., *Akiyama, K., Yoneyama, K., *Nomura, T. (2014) Carlactone is converted to carlactonoic acid by MAX1 in Arabidopsis and its methyl ester can directly interact with AtD14 in vitro. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **111**, 18084–18089.
- 2.▲Seto, Y., Sado, A., Asami, K., Hanada, A., Umehara, M., *Akiyama, K., *Yamaguchi, S. (2014) Carlactone is an endogenous biosynthetic precursor for strigolactones. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **111**, 1640–1645.
- 3.▲Seto, Y., *Yamaguchi, S. (2014) Strigolactone biosynthesis and perception. *Curr. Opin. Plant Biol.* **21**, 1–6.
- A03(公募・金岡) 計 8 件 (査読有 8 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Kanaoka, M.M., *Higashiyama, T. (2015) Peptide signaling in pollen tube guidance. *Curr. Opin. Plant Biol.* **28**, 127–136.
- A03(公募・川崎) 計 9 件 (査読有 9 件, 査読無 8 件)
- 1.▲Yamada, K., Yamaguchi, K., Shirakawa, T., Nakagami, H., Mine, A., Ishikawa, K., Fujiwara, M., Narusaka, M., Narusaka, Y., Ichimura, K., Kobayashi, Y., Matsui, H., Nomura, Y., Nomoto, M., Tada, Y., Fukao, Y., Fukamizo, T., Tsuda, K., Shirasu, K., Shibuya, N., *Kawasaki, T. (2016) The Arabidopsis CERK1-associated kinase PBL27 connects chitin perception to MAPK activation. *EMBO J.* **35**, 2468–2483. 読売新聞, 産経新聞に掲載, Nature Plants 誌, Science Signaling 誌にコメント記事, 中神班・渋谷班との共同研究
- A03(公募・吉田) 計 11 件 (査読有 11 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Spallek, T., Melnyk, C. W., Wakatake, T., Zhang, J., Sakamoto, Y., Kiba, T., Yoshida, S., Matsunaga, S., Sakakibara, H., Shirasu, K. (2017) Inter-species hormonal control of host root morphology by parasitic plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **114**, 5283–5288.
- A03(公募・打田) 計 10 件 (査読有 10 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Tameshige, T., Okamoto, S., Lee, J.S., Aida, M., Tasaka, M., Torii, K.U., *Uchida, N. (2016) A secreted peptide and its receptors shape the auxin response pattern and leaf margin morphogenesis. *Curr. Biol.*, **26**, 2478–2485. 産経新聞, 日本経済新聞, 共同通信, 科学新聞, NEWSALT, Academist Journal, The Global Plant Council, EurekAlert, PHYS.org, AlphaGalileo, SCIENMAG, 子供の科学, で内容紹介, 澤班との共同研究
- A03(公募・渋谷) 計 17 件 (査読有 17 件, 査読無 0 件)
- 1.◎▲Hayafune, M., Berisio, R., Marchetti, R., Silipo, A., Kayama, M., Desaki, Y., Arima, S., Squeglia, F., Ruggiero, A., Tokuyasu, K., Molinaro, A., Kaku, H., *Shibuya, N. (2014) Chitin-induced activation of immune signaling by the rice receptor CEBiP relies on a unique sandwich-type dimerization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **111**, E404–413. 賀来班との共同研究
- A03(公募・寿崎) 計 6 件 (査読有 6 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Suzaki, T.*, Ito, M., Yoro, E., Sato, S., Hirakawa, H., Takeda, N., Kawaguchi, M. (2014) Endoreduplication-mediated initiation of symbiotic organ development in Lotus japonicus. *Development* **141**, 2441–2445.
- A03(公募・富永) 計 14 件 (査読有 14 件, 査読無 0 件)
- 1.▲Wada, T., Kunihira, A., *Tominaga-Wada, R. (2014) Arabidopsis CAPRICE (MYB) and GLABRA3 (bHLH) Control Tomato (Solanum lycopersicum) Anthocyanin Biosynthesis. *PLoS One* **9**, e109093.
- A03(公募・刑部) 計 11 件 (査読有 11 件, 査読無 0 件)
- 1.▲*Osakabe, Y., Watanabe, T., Sugano, S.S., Ueta, R., Ishihara, R., Shinozaki, K., *Osakabe, K. (2016) Optimization of CRISPR/Cas9 genome editing to modify abiotic stress responses in plants. *Sci. Rep.* **6**, 26685. Scientific Reports 日本版おすすめコンテンツ, 日本経済新聞等に記事掲載
- A03(公募・賀来) 計 6 件 (査読有 6 件, 査読無 5 件)
- 1.◎▲Suzuki, M., Shibuya, M., Shimada, H., Motoyama, N., Nakashima, M., Takahashi, S., Suto, K., Yoshida, I., Matsui, S., Tsujimoto, N., Ohnishi, M., Ishibashi, Y., Fujimoto, Z., Desaki, Y., Kaku, H., Kito, K., *Shibuya, N. (2016) Autophosphorylation of specific threonine and tyrosine residues in Arabidopsis CERK1 is essential for the activation of chitin-induced immune signaling. *Plant Cell Physiol.* **57**, 2312–2322. 渋谷班との共同研究
- A03(公募・近藤) 計 9 件 (査読有 7 件, 査読無 2 件)
- 1.◎▲*Kondo, Y., Nurani, A.M., Saito, C., Ichihashi, Y., Saito, M., Yamazaki, K., Mitsuda, N., Ohme-Takagi, M., Fukuda, H.* (2016) Vascular cell induction culture system using Arabidopsis leaves (VISUAL) reveals the sequential differentiation of sieve element-like cells. *Plant Cell* **28**, 1250–1262. 日経産業新聞に記事掲載
- A03(公募・中神) 計 13 件 (査読有 13 件, 査読無 0 件)
- 1.▲*Yamada, K., Saijo, Y., Nakagami, H., *Takano, Y. (2016) Regulation of sugar transporter activity for antibacterial defense in Arabidopsis. *Science* **354**, 1427–1430.

<書籍>

領域全体として、延べ 64 件の書籍の編集または各章の分担執筆を行い、31 冊の書籍の出版に参画した。主な書籍は以下の通りである。

- テイツ・ザイガー植物生理学・発生学 第6版 西谷和彦・島崎研一郎 監訳, 講談社 (2017): 西谷 (監修・翻訳), 上田, 金岡, 山口, 朽津 (翻訳)
- 植物細胞壁実験法 石井忠 他編 弘前大学出版会(2016) 石水(編集・執筆), 西谷, 富永, 小田, 大谷, 渋谷, 福島, 三輪, 賀来, 上田 (執筆)
- 新しい植物ホルモンの科学 第3版 浅見忠男, 柿本辰男編著, 講談社 (2016) 山口, 朽津 (執筆)
- Biochemistry & Molecular Biology of Plants. Wiley Blackwell (2015)山口 (執筆)
- Plant Cell Wall Patterning and Cell Shape. Wiley Blackwell (2014)小田, 西谷 (執筆)
- Atlas of Plant Cell Structure. ed. by Noguchi T. et al. Springer (2014) 金岡, 松永, 西谷 (執筆)
- 植物細胞壁 西谷和彦・梅澤俊明 編, 講談社 (2013) 上田, 西谷, 佐藤 (執筆)

<ホームページ>

URL: <https://www.plantcellwall.jp/>

上記の同一 URL より、一般者向けと、研究者向けの異なる二つのコンテンツを用意し、TOP から両ページを選択できるだけでなく、どのページからも、研究者用と一般用のそれぞれ対応するすべてのページ間で、ワンクリックで行き来できる設計とした。その結果、一般者用のページにも、研究者用に近いアクセスがあった。(右の表参照)

HP ページタイトル	閲覧回数	訪問者数
TOP	32,243	21677
研究者向け TOP	22,016	15,013
一般者向け TOP	20,380	13,592
研究者向け 研究成果	6,401	4,454
一般者向け 研究成果	4,760	2,312
(2013-2016)		

<データベース>

URL: <http://atted.jp/>

本領域では総括班の活動として、西谷班の研究協力者である大林が ATTEDII を細胞壁関連遺伝子の発現関連の解析に最適化したデータベースを 2014 年度に公開し、内外の研究者の利用に供してきた。ATTED II の閲覧回数は新しいバージョンの公開以降、アクセス回数が急増した。(右の表参照)

年度	ATTED II 閲覧回数
2016	806,641
2015	828,750
2014	891,167
2013	677,031
2012	664,834

<主催シンポジウム>

領域主催の国際シンポジウムを 2013 年に東京大学で、2016 年に KKR ホテル熱海で開催した。その他、領域主催の研究集会を 16 回 (そのうち 9 回は若手支援を目指したもの)、共催の集会を 30 回開催した。主要な主催研究集会を下の表に纏める。

領域主催の主な研究集会 (*国際シンポジウム)	日程	会場	参加者数
第2回公開シンポジウム (キックオフミーティング)	2012.10.1	東京大学	150名
第3回公開シンポジウム「植物細胞壁の情報処理システム」	2013.3.18	東北大学	60名
UK-Japan joint meeting on Plant Cell Biology	2013.7.15-16	ケンブリッジ大学	20名
International Symposium on Cell Wall Integrity*	2013.10.30	東京大学	122名
Discussions on Cell Wall Integrity	2013.10.31	KKR 鎌倉若宮	10名
International Symposium on Front Lines of Plant Cell Wall Research and Beyond *	2016.10.4-5	KKRホテル熱海	80名
International Workshop on Current Topics of Plant Cell Wall Research	2016.10.6	奈良先端大	15名

<アウトリーチ>

合計 114 回のアウトリーチイベントを開催した。その中で、特に領域代表と総括班の広報担当の工藤により企画運営した「植物細胞壁のミクロの世界」は、東北大学植物園での開催(2014. 4. 25-6. 19)に始まり、北海道大学 総合博物館 (2014. 6. 24-8. 31), 東京大学小石川植物園 (2014. 9. 9-12. 14), 名古屋大学博物館 (2015. 9. 8-10. 24), 筑波実験植物園 (2015. 11. 25-2016. 1. 11), 東京大学駒場博物館 (2016. 7. 16-8. 28), 東京大学柏図書館 (2017/4/12-10/31)での、延べ 16 ヶ月に亘る長期の巡回展示で、全国各地の一般の方々の多数の来場者を得て、予想以上の反響があり、植物細胞壁の新しいコンセプトの普及に大きく貢献したと考えている。

7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況（2 ページ以内）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、総括班研究課題の活動状況も含め、どのように研究組織間の連携や計画研究と公募研究の調和を図ってきたか、組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

■ 組織運営の方針：

(1) 共同研究推進策：本研究領域のミッションは異分野の領域を融合して細胞壁機能に関する新しい研究領域を拓くことである。本領域では、この目的を達成するために、細胞壁の空間構築(A01)、機能発現(A02)、インターフェイス機能(A03)の3つの研究項目を設定し、異なる学術的キャリアを持つ研究者が、計画研究9課題、公募研究前半(2013-2014)の18課題、後半(2015-2016)の22課題を通して連携し、互いに発想と手法を融合しながら、新しい概念の創出を目指した。そのためには、異分野の研究者間の共同研究を積極的に推進する仕組みが不可欠であった。その仕組みとして、研究項目X00の総括班に解析支援センター、オミクス支援室、イメージング解析支援室を設け、計画研究の全研究代表者と研究分担者・連携研究者が支援担当者となり、研究手法の開発と情報や実験技術の共有・支援を行うと同時に、研究代表者間の共同研究の橋渡しを行った。これにより、各研究代表者は、自身の研究項目に軸足を置きながらも、他の研究項目とも一部研究テーマを共有することで、領域全体が有機的なネットワークを形成し、研究項目横断的な共同研究の促進が可能となった。

X00	総括班	A01	細胞壁空間構築	A02	細胞壁機能発現	A03	インターフェイス
西谷	代表	出村	細胞壁構築制御	西谷	細胞壁高次構造	澤	線虫寄生
岡田・鮫島・西村 長谷部・福田	研究協力者 (評価/助言)	上田	膜交通制御	佐藤	細胞壁の機能	山口	植物ホルモン
出村・澤	幹事	橋本	表層微小管制御	馳澤	イメージング	金岡	花粉管誘引
西谷・山口・佐藤 円谷・横山	解析支援 センター	角五	微小管の力学応答	五十嵐	細胞壁分子動態	打田	情報分子群
出村・橋本・倉田 大林・相田	オミクス 支援室	笹部*	細胞板構築	三輪*	ペクチンのB架橋	富永*	表皮細胞形成
馳澤・桧垣・上田 五十嵐・澤	イメージング 支援室	小田	二次壁パターン	福島	リグニン前駆物質	渋谷	MAMP受容体
工藤*・大林	広報	藤原	Caと細胞壁機能	朽津	ROS/Caシグナル	川崎	病原菌認識MAPK
		石崎	離生細胞間隙形成	大谷*	細胞分化・増殖	林	オーキシン受容体
		松永	リン酸化制御	青木	植物/植物相互作用	寿崎	根粒菌共生
		石水	ペクチンRGI合成	石黒	花粉表層構造機構	吉田*	植物寄生応答
		五島	非対称細胞版配置	伊藤	花幹細胞の細胞壁	Bartlem	線虫寄生
		小林	ペクチンRGIII合成			賀来*	MAMP受容体
* 女性研究者		椎名	レトログレード			近藤	木部分化制御
						中神	病原体の侵入感知

(2) 情報発信：広報は生物情報科学の専門家（大林）とサイエンスコミュニケーター（工藤）が担当し、一般社会と研究者の双方に向けた情報発信を行うために、HPは日本語の「研究者用」と「一般の方用」、更に「English」の3つの入り口を用意し、それぞれに最適化したコンテンツを発信した。

(3) 女性研究者参画状況：公募研究代表者の30%を女性とする数値目標を掲げて公募研究を公募し、積極的に女性研究者の応募を奨励した。その結果、A01, 02, 03のいずれの研究項目も1名以上、領域全体で6名の女性研究代表者（表中*）の参画を得ることができ、当初の当初予定の5名を超えるとする目標を達成できた。

■ 共同研究の実施項目および成果

研究組織間の連携状況

(1) 領域代表者のサイトビジットによる共同研究の橋渡しの推進：

領域代表が領域の全研究課題を正確に把握し、リーダーシップを発揮しながら領域を統括するために、前半にあつては、公募研究課題が決定したH25年度中に計画研究課題および公募研究課題の全研

究代表者に対して H25 年度にサイトビジットを行い、1 研究室 2 時間前後のスケジュールで、領域全体の研究の方向性の理解の確認から始め、代表者の研究計画の確認と、準備・進捗状況を聴取し、聴取した情報を基に、解析支援センター利用の奨励や、共同研究の橋渡しを含めた研究のアドバイスをを行った。サイトビジットが功を奏し、最終的に、すべての研究代表者が一件以上の領域内共同研究を実施しており、当初より計画してきた研究項目横断的な共同研究を基軸とした研究体制が出来上がった。その結果、領域内共同研究件数は H26 年の中間評価時には 160 件となり、次いで、後半の H29 年 3 月末では 331 件と倍増し、その成果は 38 本の論文として結実した。

(2) 共同研究により 38 本の論文が出版された。代表的な共同研究の成果を以下に抜粋する。

- ・ A01 出村と A02 大谷の共同研究により、VNS ファミリーによる細胞壁形成の制御の進化が植物の陸上化において決定的な役割を果たしたことを、コケ植物を用いて明らかにした (Science 2014)。
- ・ A02 西谷と A02 五十嵐は、共同で、エンド型キシログルカン転移酵素/加水分解酵素ファミリーの中にセルロース分子を繋ぎ換える新規の活性を持つ酵素を発見し、この発見を基にして、新しい細胞壁像とそれに基づく細胞壁の動的モデルを提唱した (Sci. Rep. 2017)。
- ・ A02 佐藤・A03 澤・A03 山口の三者共同で、根の中心柱で生産された CLE6 が細胞壁空間である道管を介して地上部に輸送され、ジベレリンによる地上部の成長促進に寄与していることを見出した (Plant J. 2014)。

公募研究課題間では次のような共同研究による成果が得られている。

- ・ A03 吉田は A01 松永・A01 藤原と共同で寄生植物の感染メカニズムの解明を進めた (PNAS 2017)。
- ・ A03 川崎は A03 渋谷と共同で病原応答において受容体様細胞質キナーゼ PBL27 がパターン認識受容体と MAP キナーゼカスケードを結ぶ重要な因子であることを明らかにした (EMBO J. 2016)。

■ 総括班による研究支援組織の活動

計画研究の代表者は全員、解析支援センターまたは支援室に所属し、それぞれの専門性に応じて、11 の支援項目のなかのいずれかについて、領域内の全班員に対して、情報や試料の提供から、分析の受託、手法の共同開発など、様々な形で共同研究を実施し、領域全体の研究推進に参画する (右図参照)。その結果、ほとんどの班員は、解析センターの支援を受け、共同研究が促進された。上記の共同研究の成果は、いずれもこの総括班の解析支援センターがハブとなって、進めたものである。また、大林による細胞壁遺伝子の共発現に最適化したデータベース ATTEDII の新バージョンは公開以来 4 年間で 320 万のアクセスがあり、領域内外で広く利用されている。

	担当者	支援項目	支援実績
解析支援センター	西谷 横山	細胞壁糖鎖解析 免疫組織学解析	A01: 上田, 出村, 藤原, 刑部, 石水, 石崎 A02: 五十嵐, 馳澤, 大谷, 伊藤 A03: 澤, 寿崎, 吉田, 青木
	山口	植物ホルモン定 量・質量分析	A02: 西谷, 佐藤 A03: 澤
	佐藤	細胞壁の機能解 析および成分分 析	A01: 出村 A02: 西谷 A03: 澤, 山口
	円谷	糖質関連酵素解 析	A02: 大谷 A03: 澤, 渋谷
オミクス支援室	出村 倉田	オミクス解析	A01: 出村, 石水, 石崎, 小田, 笹部 A02: 佐藤, 三輪, 大谷 A03: 澤
	橋本	細胞骨格の生化学	A01: 出村, 角五, 松永, 笹部 A03: 中神
	大林	データベース構 築・発信	H25-H28年間のアクセス件数 3, 203, 589件
イメージング支援室	馳澤 桧垣	画像データマイ ニング	A01: 笹部, 小田 A02: 西谷, 佐藤, 朽津, 石黒 A03: 澤, 山口
	上田	高精細観察	A01: 藤原, 笹部, 松永, 石崎 A02: 朽津 A03: 山口, 川崎, 賀来, 中神
	五十嵐	単分子観察	A01: 出村 A02: 西谷 A03: 金岡
	澤	生物間相互作用 可視化	A01: 西谷 A03: Bartlem, 寿崎, 林

8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用，研究費の効果的使用を含む。）（1 ページ以内）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について記述してください（総括班における設備共用等への取組の状況を含む。）。

研究費の使用についての本研究領域の基本方針

本研究領域のミッションである「異分野の融合による新しい学術領域の開拓」を推進するうえで、研究領域内の研究連携は不可欠である。そのための仕組みとして、総括班に解析支援センター/支援室を設け、新規に購入する設備・装置をすべてセンター/支援室に配備し、領域内の共通利用に供すことにした。また、計画研究代表者全員とその研究分担者や連携研究者が総括班のメンバーとなり、支援センター/支援室の管理運営に参画し、共通機器を用いながら、各自の専門性に基づいて全班員に対して解析支援を行うことにした。

この仕組みは、機器の共同利用による研究費の効率的使用に資するのみならず、センター/支援室が領域のハブとなることで、領域内の共同研究を促進し、領域全体の求心力を高める上で決定的な役割を果たし、領域代表がリーダーシップを発揮しながら、領域を運営するうえで大きな効果を産むことが、共同研究の成果などから窺える。

解析支援センター/支援室の担当者（設置機関）、支援項目、新規に購入した機材とその価格、解析支援を行っている領域内の研究テーマおよびその研究代表者の研究項目を下記の表にまとめる。

本領域の解析センター/支援室のもう一つ特筆すべき特徴は、器材やセンター/支援室を敢えて、11研究室に分散させ、領域代表の所属する研究室に機器類を集中させない方針を執ったことである。その結果、総括班の全メンバーが、その専門に基づいて支援項目を決め、それに必要な器材を自身の研究室に設置し、それを用いて自身の研究室で支援活動を行う体制ができた。こうして15名の総括班のメンバーがそれぞれ3件前後の研究テーマについて、支援活動を行い、支援活動をオンデマンドで行うことが可能となった。

	支援担当者 (設置機関)	支援項目	主要機器 († 新規購入, * 既設機器の活用)	購入経費
解析支援センター	西谷・横山 (東北大学)	細胞壁糖鎖解析 免疫組織学解析	† レーザーマイクロダイセクション(Zeiss PALM MicroBeam) * 糖質分析器 (Dionex ICS-5000) * バイプラトーム(Leica VT120s)	16,065,000円 既設機器活用 既設機器活用
	山口 (東北大学)	植物ホルモン定量 質量分析	† ガスクロマトグラフ質量分析計 (島津 GCMS-TQ8030) * 液体クロマトグラフ質量分析計 (AB SCIEX Triple TOF 5600)	14,689,500円 既設機器活用
	佐藤 (筑波大学)	細胞壁の機能解析 成分分析	† 屋外設置型栽培室 (植物栽培用クリーンルームユニット)	6,037,500円
	円谷 (埼玉大学)	糖質関連酵素解析	† 高速液体クロマトグラフ (島津 Prominence UFL)	8,000,000円
オミクス支援室	出村 (奈良先端大学)	オミクス解析	† 次世代シーケンサーデータ解析システム * 次世代シーケンサー (Illumina GAI)	8,079,750円 既設機器活用
	橋本 (奈良先端大学)	細胞骨格の生化学	* 共焦点レーザー顕微鏡 * 高速冷却遠心機	既設機器活用 既設機器活用
	大林 (東北大学)	データベース 構築と発信	† ファイルサーバー (HPC-ProFS)	16,800,000円
イメージング支援室	馳澤・桧垣 (東京大学)	画像の データマイニング	† オリンパス全反射蛍光顕微鏡システム	16,800,000円
	上田 (東京大学)	高精細観察	† 共焦点レーザー顕微鏡 (Zeiss LSM780)	38,000,000円
	五十嵐 (東京大学)	単分子観察	† 等温滴定カロリメータ (MicroCal VP-ITC) * 全反射蛍光顕微鏡 * 高速原子間力顕微鏡	14,175,000円 既設機器活用 既設機器活用
	澤 (熊本大学)	生体間相互作用の 可視化	† 自動密閉式ティッシュプロセッサ (Intavis Pro Vsi) † スマートティッシュプロセッサ (ライカASP300S) † リアルタイム RT-PCR (ロシュ light cycler 480)	11,592,000円 4,901,400円 既設機器活用

広報活動の重要性に鑑み、HP、アウトリーチ活動、教育アプリケーションにも応分の予算を使用した。

・研究費の使用状況

(1) 主要な物品明細 (計画研究において購入した主要な物品 (設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。) について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。)

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価 (円)	金額 (円)	設置(使用)研究機関
24	共焦点レーザーシステム顕微鏡システム	CarlZeiss 社製 LSM780	1	38,000,000	38,000,000	東京大学
	全反射蛍光顕微鏡システム	オリンパス(株)製 IX73-TIRF	1	16,800,000	16,800,000	東京大学
	ガスクロマトグラフ質量分析計	GCMS-TQ8030	1	14,689,500	14,689,500	東北大学
	等温滴型カロリメーター	MicroCal:VP-ITC	1	14,175,000	14,175,000	東京大学
	In-situ ハイブリダイゼーションシステム	InsituPro Vsi	1	11,592,000	11,592,000	熊本大学
	GenomeAnalyzer Iix 解析兼監視用サーバー	米国イルミナ社製	1	8,079,750	8,079,750	奈良先端大
	高速液体クロマトグラフ分析装置	島津製 Prominence	1	8,000,000	8,000,000	埼玉大学
25	CaptiveSpray Ionsource	エーエムアール社製・ADVANCE CaptiveSpray Ionsourcefor AB	1	2,499,000	2,499,000	東北大学
	人工気象器	日本医化器械製・LH-410S	1	1,249,500	1,249,500	奈良先端大
	GCMS 用ライブラリ	島津製作所製・Wiley10	1	1,200,150	1,200,150	東北大学
	外付け DAS	HPC-PROFS DP	1	1,224,720	1,224,720	東北大学
	HPLC ユニット	島津 LC-20AD	1	1,073,594	1,073,594	埼玉大学
26	ライカマイクロシステムズ社製正立顕微鏡	DM5500B3D イメージングシステム	1	9,163,800	9,163,800	東北大学
	ChemiDoc Touch イメージングシステム	BioRad 社 170-8370JA	1	3,996,000	3,996,000	熊本大学
	Partec 社製プロイデターアナライザ	CyFlow SL 型	1	3,993,840	3,993,840	東北大学
	タイテック社製バイオシェーカー	BR 300LF	1	3,185,664	3,185,664	東北大学
27	イオンクロマトグラフモジュール	Dionex, ICS-5000	1	3,150,000	3,150,000	埼玉大学
	マイクロウェーブテイスチュプロセッサ	EB サイエンス社 H2850	1	2,265,300	2,265,300	熊本大学
	HistoCore Arcadia パラフィン包埋装置	ライカマイクロシステムズ社パラフィン包埋装置 HistoCore Arcadia	1	1,695,600	1,695,600	熊本大学
	人工気象器	日本医化器械製・LH-411PFD-S	1	1,482,840	1,482,840	熊本大学
28	人工気象器	日本医化器械製・LH-411PFD-S	2	1,404,000	2,808,000	熊本大学
	共焦点スキャナシステム (共用)	TSH-TACX1A	1	4,995,000	4,995,000 (2,000,000)	東京大学

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成24年度】

<旅費>

1. ゴードン会議(Plant cell wall)参加(東京-ボストン間の交通費、宿泊費および参加費)
2. 10th International Congress on Plant Molecular Biologyに参加(濟州島, 韓国)(生駒~Jejuの交通費、宿泊費)以下省略
 - ・ 上記2件を含めた計画研究課題全体の旅費総額 7,851,878円

必要理由：植物細胞壁の最先端の研究に関する国際的な議論の場として3年おきに米国で開催されているゴードン会議「Plant Cell Wall」に本領域の代表が出席した。ゴードン会議では、本領域プロジェクトの発足を内外の植物細胞壁研究者コミュニティに紹介し、同時に国内外の植物細胞壁に関する最先端の研究成果や、各国の研究政策の動向についての情報を収集し、本領域の計画研究課題の各研究代表者に伝えるうえで重要な会議出席である。それらのために必要な旅費である。

<人件費・謝金>

- ・ 計画研究課題全体で博士研究員3名、研究支援者12名の雇用経費。
- ・ 計画研究課題全体の人件費・謝金総額 17,656,052円

必要理由：総括班での研究支援のために必要な人件費・謝金である。

<その他>

1. キックオフミーティング用の弥生講堂利用料などの会場代および会議費
2. 第1回若手ワークショップ(沖縄)の会場代および会議費
 - ・ その他の経費総額 376610円

必要理由：キックオフミーティングでは本領域発足の趣旨ならびに計画研究課題の概要を関連分野の研究者コミュニティに紹介すると共に、H25年度公募予定の公募研究課題募集の説明に必要である。

【平成25年度】

<旅費>

1. XIII Cell Wall Meeting (フランス, ナント)(旅費の内容：仙台-フランス間の交通費、宿泊費)
2. Marchantia Workshop 2013参加(オーストラリア, メルボルン)(東京-メルボルンの交通費、宿泊費)
3. フィンランド技術開発センターおよびスウェーデン農科大学での研究打ち合わせ(東京-ヘルシンキストックホルム間の交通費および宿泊費)
4. ゴードン会議(Cellulase)参加(東京-ボストン間の交通費、宿泊費、参加費)
5. 24th International Conference on Arabidopsis Research参加(オーストラリア, シドニー)(つくば-シドニーの交通費と宿泊費、参加費)
 - ・ 6. KEIO-NUS Cute Centerでの共同研究打ち合わせ(シンガポール)(東京-シンガポールの交通費、宿泊費)
 - ・ 上記6件を含めた計画研究課題全体の旅費総額 15,687,934円

必要理由：研究成果の発表並びに、共同研究打ち合わせのために必要な旅費である。

<人件費・謝金>

- ・ 計画研究課題全体で博士研究員11名、研究支援者14名を雇用
- ・ 計画研究課題全体の人件費・謝金総額 74,820,236円

必要理由：総括班での研究支援のために必要な人件費・謝金である。

<その他>

- ・ 班会議、若手育成、およびアウトリーチのためのイベント開催のための会議費
- ・ 経費総額 441,000円

必要理由：領域の統括、若手育成、および広報のために必要である。

【平成26年度】

<旅費>

1. フィンランド技術開発センターでの共同研究打ち合わせ、および日本-デンマークワークショップ参加(東京-ヘルシンキ-コペンハーゲン間の交通費、宿泊費およびワークショップ参加費)
2. 米国微生物学会の年次大会の参加(東京-ボストン間の交通費、宿泊費および参加費)
3. 1st International Congress on Strigolactonesに参加(仙台-ヴァーヘニンゲン(オランダ)の交通費と宿泊費)
 - ・ 上記3件を含めた計画研究課題全体の旅費総額 13,685,876円

必要理由：研究成果の発信および、共同研究打ち合わせのために必要な旅費である。

<人件費・謝金>

- ・ 計画研究課題全体で博士研究員 10 名，研究支援者 19 名を雇用
- ・ 計画研究課題全体の人件費・謝金総額 88,397,681 円

必要理由：総括班での研究支援のために必要な人件費・謝金である。

<その他>

1. 班会議，若手育成，およびアウトリーチのためのイベント開催のための経費
- ・ 経費総額 397990 円

必要理由：領域の統括，若手育成，および広報のために必要である。

【平成 27 年度】

<旅費>

1. The 11th Congress of International Plant Molecular Biology IPMB2015 への参加（ブラジル・フォスドーイグアス）（生駒-ブラジルの交通費，宿泊費）
 2. 第 11 回 Carbohydrate Bioengineering Meeting 参加（東京-ヘルシンキ間交通費，宿泊費，参加費）
 3. フィンランド技術開発センターにおける研究打ち合わせ（東京-ヘルシンキ間の交通費および宿泊費）
- ・ 上記 3 件を含めた計画研究課題全体の旅費総額 9,326,116 円

必要理由：研究成果の発信および，共同研究打ち合わせのために必要である。

<人件費・謝金>

- ・ 計画研究課題全体で博士研究員 12 名，研究支援者 17 名を雇用
- ・ 計画研究課題全体の人件費・謝金総額 85,430,545 円

必要理由：総括班での研究支援のために必要な人件費・謝金である。

<その他>

この年度はその他の経費無し

【平成 28 年度】

<旅費>

1. XIV Cell Wall Meeting 参加（ギリシャ，ハニア）（仙台 - ハニアの交通費と宿泊費，参加費）
 2. EMBO Workshop 参加（オーストリア，ウィーン）（東岡崎-ウィーン間の交通費，宿泊費）
 3. Microtubules: From Atoms to Complex Systems 参加（Heidelberg, Germany）（生駒～Heidelberg の交通費と宿泊費，参加費）
 4. フィンランド技術開発センターでの共同研究実施および第 15 回 日米先端科学シンポジウム参加（東京-ヘルシンキ-アーバイン(CA)間の交通費，宿泊費および参加費）
- ・ 上記 4 件を含めた計画研究課題全体の旅費総額 14,561,424 円

必要理由：研究成果の発信および，共同研究打ち合わせのために必要な旅費である。

<人件費・謝金>

- ・ 計画研究課題全体で博士研究員 10 名，研究支援者 25 名を雇用
- ・ 計画研究課題全体の人件費・謝金総額 74,914,447 円

必要理由：総括班での研究支援のために必要な人件費・謝金である。

<その他>

- ・ 班会議，若手育成，およびアウトリーチのためのイベント開催のための会議費
- ・ 経費総額 607,800 円

必要理由：領域の統括，若手育成，および広報のために必要である。

(3) 最終年度（平成 28 年度）の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は，その内容を記述してください。

該当無し

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1ページ以内）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

<生物系の他の研究領域への波及効果>

本領域が提唱している新しい植物細胞壁像や、本領域が確立した方法論、更に、それにより解明した植物細胞壁の高次の情報処理機能は、既存の植物科学に新しい知見を付与するだけではなく、それぞれの学問領域の全域に亘って、細胞壁機能の重要性を気づかせるような大きな波及効果を発揮しつつある。領域の研究代表者の受賞状況（下記の表）より、本領域の波及効果の広がりが見える。

受賞者氏名	賞の名称（授与団体）	受賞年月
三輪 京子	日本土壌肥料学会 奨励賞（日本土壌肥料学会）	2013年4月
山口 信次郎	IPGSA Research Award (IPGSA Silver Medal) Shanghai	2013年6月
五十嵐 圭日子	セルロース学会賞（セルロース学会）	2013年7月
橋本 隆	日本植物細胞分子生物学会 学術賞（日本植物細胞分子生物学会）	2013年8月
五十嵐 圭日子	日本応用糖質科学会 奨励賞（日本応用糖質科学会）	2013年9月
山口 信次郎	Highly Cited Researchers (Clarivate Analytics社) 選出	2014-2016年
石崎 公庸	日本植物生理学会 奨励賞（日本植物生理学会）	2015年3月
五十嵐 圭日子	市村学術賞 貢献賞（公益財団法人 新技術開発財団）	2015年4月
小田 祥久	日本植物学会 奨励賞（日本植物学会）	2015年9月
五十嵐 圭日子	ギネス世界記録™認定「酵素のX線結晶構造解析の最高解像度」	2016年1月
五十嵐 圭日子	日本学術振興会賞（日本学術振興会）	2016年2月
小田 祥久	文部科学大臣表彰 若手科学者賞（文部科学省）	2016年4月
松永 幸大	日本植物形態学会 平瀬賞（日本植物形態学会）	2016年9月
角五 彰	高分子学会 学術賞（高分子学会）	2016年9月
大谷 美沙都	日本植物学会 奨励賞（日本植物学会）	2016年9月

その結果、細胞壁研究コミュニティと、既存の植物科学の他の研究コミュニティとの接点が一気に広がった。それは、たとえば、新学術領域研究として進行する研究プロジェクトとの接点の増加という形に表れ、植物の環境感覚（長谷代表）、環境突破力（馬代表）、植物発生ロジック（塚谷代表）などの植物の高次機能の解明を目指すすべての研究プロジェクトと、班員間での共同研究が急激に増加した。それにより、旧来は限定された研究テーマと考えられていた「植物細胞壁」の概念が益々広がる結果となった。その結果、本領域発足前のH24年と、5年間の活動を終えたH29年では、植物科学における細胞壁の概念は殆ど別ものであるほどに刷新された。それと同時に、それまで、細胞壁を基軸に据えることの無かった学問分野においても、今やあらゆる植物現象に関わる重要な細胞装置として常に注視されるようになっていく。このように、本領域が打ち立てた新しい植物細胞壁像の植物科学に与えたインパクトは、当初我々が期待していたものを遙かに超えて顕著であるといえる。

<理工学系の学問分野への波及>

本領域が打ち立てた新しい植物細胞壁像は、生物学の中の植物科学の領域を広げただけでなく、理工学に対しても少なからず波及効果を与えたことは、領域外部の理工学分野の研究コミュニティとの活発な共同研究と、その成果である共同研究論文から窺える。本領域の主要な成果の一つである AtXTH3 のエンド型セルロース転移酵素活性の発見 (Shinohara et al. 2017) は、H23年発足の理工系の新学術領域「天然物ケミカルバイオロジー：分子標的と活性制御」の代表である上田実研究室との共同研究による成果であることがこれを象徴している。上田代表の学術領域は、天然物の情報分子である「リガンド」に焦点を当て、構造有機化学的基盤にたち、生化学、分子生物学、情報生物学を融合させた「天然物ケミカルバイオロジー」の確立を目指すもので、我々が目指す「細胞壁の情報処理システム」の解明とは、生物の高次機能を解明する新しいアプローチを探るという点で目的を一にしている。更に、A02西谷班は、本領域の研究で培ってきた植物科学の実験手法を通して、植物細胞内でのカルシウムシグナルの解析法の確立で共同研究の成果を上げている (Takaoka et al. 2016)。これらの点で、今回の我々の共同研究は、生命科学と理工学異分野融合の成功例であるというだけでなく、理工学系の研究の展開に、植物細胞壁研究の成果が活かされた点で、理工学分野への波及効果といえる。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1 ページ以内）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者（※）の研究終了後の動向等を記述してください。

※研究代表者・研究分担者・連携研究者・研究協力者として参画した若手研究者を指します。

<若手支援の取組>

(1) 若手班員による研究集会の開催支援（UK-Japan joint meeting on Plant Cell Wall Biology, Cambridge Univ., 2013 年 7 月）や 若手班員が主体となった雑誌特集号の編纂（Frontiers in Plant Science の Special Issue の編集）を領域としていろいろな角度から奨励・助言・財政支援を行った。

(2) 博士研究員と学生が中心となり企画運営する合宿形式の若手研究発表会を5年間で9回開催した。

学生・博士研究員が、プログラム編成・座長・発表までを全て取り仕切る若手ワークショップ

若手ワークショップ	日程	場所	人数
東北大・埼玉大・筑波大合同植物細胞壁若手ワークショップ	2012.11.22	筑波大学	50名
第1回新学術領域「植物細胞壁機能」若手ワークショップ	2012.12.1-2	ユインチホテル南城（那覇）	67名
第2回新学術領域「植物細胞壁機能」若手ワークショップ	2013.11.13-15	つくばグランドホテル	112名
東北大・筑波大学合同筑波山若手ワークショップ	2014.8.4-5	筑波ふれあいの里	46名
第3回新学術領域「植物細胞壁機能」若手ワークショップ	2014.9.24-26	阿蘇プラザホテル	97名
東北大・筑波大合同植物細胞壁若手ワークショップ	2015.8.25-26	東北大学	20名
第4回新学術領域「植物細胞壁機能」若手ワークショップ	2015.9.13-15	アイ・アイ・ランド(大阪)	108名
第5回新学術領域「植物細胞壁機能」若手ワークショップ	2016.10.2-4	KKRホテル熱海	96名
北海道大・東北大・筑波大合同若手ワークショップ	2016.12.15-16	筑波大学	30名

<若手研究者の終了時の動向>

(1) 本領域の5年間の研究期間中に11名の研究代表者（右表）と33名の研究代表者以外の研究者（学生を含む）、併せて44名が昇進した。

研究代表者以外の若手研究者の昇進			
前の身分	人数		昇進後の職
院生	7	→	学振特別研究員
院生	1	→	特任研究員
博士研究員	1	→	特任助教
博士研究員	15	→	助教
院生・助教	3	→	特任准教授
助教	1	→	講師
助教・講師	4	→	准教授
准教授	1	→	教授

(2) 研究代表者以外の若手研究者（学生を含む）の受賞状況は右の表の通りである。7件の学会賞受賞以外にも、論文賞や、学会での優秀発表賞受賞、学内での表彰などを多数受けている。

このように、若手育成の効果がプロモーションや受賞に表れている。

若手研究代表者の昇進

	前職	昇進後の職
上田 貴志	東京大学准教授	基礎生物学研究所教授
小田 祥久	東京大学助教	国立遺伝学研究所准教授
松永 幸大	東京理科大学准教授	東京理科大学教授
三輪 京子	北海道大学特任助教	北海道大学准教授
大谷 美沙都	理化学研究所研究員	奈良先端大学助教
金岡 雅浩	名古屋大学助教	名古屋大学講師
吉田 聡子	理化学研究所上級研究員	奈良先端大学特任准教授
富永 るみ	宮崎大学特任助教	広島大学講師
寿崎 拓哉	基礎生物学研究所助教	筑波大学准教授
刑部 祐里子	徳島大学特任准教授	徳島大学准教授
中神 弘史	理化学研究所研究員	マックス・プランク研究所グループリーダー兼任

研究代表者以外の若手研究者（学生を含む）の受賞

受賞者氏名	学会賞	受賞年月
桧垣 匠	日本植物学会奨励賞（(公社)日本植物学会）	H28年9月
大林 武	船井学術賞（船井情報科学振興財団）	H27年4月
大林 武	文部科学大臣表彰 若手科学者賞（文部科学省）	H27年4月
植村 知博	日本植物学会奨励賞（(公社)日本植物学会）	H26年9月
神谷 岳洋	日本土壌肥料学会奨励賞(日本土壌肥料学会)	H26年9月
大林 武	日本植物生理学会奨励賞(日本植物生理学会)	H26年3月
海老根 一生	日本植物学会若手奨励賞(日本植物生理学会)	H24年9月
受賞者数	その他の賞	
3	雑誌の論文賞	
44	研究集会での優秀発表賞	
12	大学内での表彰	
1	研究助成金	

11. 総括班評価者による評価（2ページ以内）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

龍谷大学・教授 岡田清孝

本領域研究は、植物細胞の外殻として認識されていた細胞壁と細胞間隙の生理的機能を見直し、積極的な情報分子としての役割を見出そうとする新規性と独自性の高い研究領域として採択され、中間評価においては、斬新な視点から期待以上の成果が得られていると高く評価されてA⁺の評点を得た。中間評価後の後半期においても、西谷領域代表の強いリーダーシップの下で計画及び公募研究の研究者の間で多数の多様な共同研究が遂行され、質量ともに前半期を大きく超える研究成果が得られたのみならず、これらの研究成果から当初の領域目標であった「高次構造体である植物細胞壁の状態変化が植物の高次機能を統御する情報として機能している」との新たな概念を根拠づけることができたことを高く評価する。また、本領域研究において、サイエンスコミュニケーターを雇用して社会への広報と教育支援の幅広い活動を活発に行なっていることは特筆に値する。

東京大学・教授 福田裕穂

本領域では、異分野の融合により、これまでの静的なイメージの細胞壁像を刷新し、「情報処理システムとしての植物細胞壁」という概念をエビデンスとともに打ち立てることに成功した。この研究は世界的に見ても貴重かつ先端的で、世界の細胞壁研究を一躍リードすることとなった。また、領域代表自らが全研究代表者を巡回し研究アドバイスと共同研究の橋渡しを行うなどの領域代表者の強いリーダーシップのもとに、すべての班員が互いに研究テーマを部分的に共有しながら有機的な研究ネットワークを作り、細胞壁をキーワードに空間構築、機能発現、インターフェイス機能の研究を行ってきた。このため、多くの共同研究が生まれ、真の分野融合に成功している。また、独自に教育素材を開発し、長期巡回型イベントを実施するなどの積極的なアウトリーチ活動も高く評価したい。

基礎生物学研究所・教授 長谷部光泰

細胞壁の情報処理システム解明を目指し、従来、同分野を先導してきた領域代表らに加え、異なった研究分野で活動していた研究者が共通の目的のために結集し、5年間活動した結果、新学術領域研究に合致した新学術領域の創出に成功した。さらに、新学術領域ならではの共同研究体制を生かし、細胞壁形成の根本原理であるセルロース微繊維架橋の新機構発見など、当該分野にブレークスルーをもたらす数多くの研究成果をあげた。このような成果には、領域代表が、全研究班の研究内容を十分に理解し、領域内の風通しを良くすることで、各班が必要に応じて自発的に連携したことが功を奏している。さらに、サイエンスコミュニケーターを総括班分担者として配置することにより、これまでとは次元の異なったアウトリーチ活動を展開し、今後の科学研究の国民への還元方法に大きな影響を与えることになったと評価できる。

基礎生物学研究所・名誉教授 西村幹夫

生命の基本単位である細胞の理解は、植物を理解する上で必須であり、植物細胞においては細胞壁の存在が細胞機能に特徴を与えている。本新学術領域の5年間の研究により、細胞壁が細胞の情報処理に深く関与しているという知見を分子レベルで明らかにした。また、寄生植物による寄生プロセスの解析から、細胞壁の分解、合成等、そのダイナミクスに踏み込んだ研究を発展させつつある。本新領域研究により、植物細胞の情報処理、機能分化やダイナミクスに、細胞壁が大きく関わっていることを明確に示した点は高く評価される。

総括班により、研究遂行時に、細胞壁の説明と研究内容を一般向けに紹介した「細胞壁の情報処理システム」という冊子が作成され、好評を得ているが、研究終了時に、5年間の成果をとりまとめて、細胞壁研究の現状とその将来を紹介する同様な冊子を作成し、細胞壁研究の成果を他の分野及び社会に普及させてほしいと願っている。

東京大学・教授 鮫島正浩

「情報処理システム」という新たな視点に立って「植物細胞壁」を捉えることで新学術領域の確立に向けて、西谷領域代表のもと、気鋭の中堅研究者を中心とした組織を形成して着実に研究を推進している。その中で、各研究者が最先端の実験手法を積極的に導入することで研究の新展開を図り、成果としてインパクトファクターの高い多くの学術論文を公表しており、我が国の「植物細胞壁」研究分野の国際的地位の向上に大きく貢献している。これを総括班が取りまとめることにより「植物細胞壁の情報処理システム」という新学術領域の形成を加速している。また、優秀な女性研究者を公募班員として多く登用し、ダイバーシティに対しても積極的に取り組んでいる。さらに、社会への情報発信の重要性を認識し、アウトリーチ活動にも注力し、その研究成果を広く一般に認識させようとしている。以上に基つき、私は本学術領域の活動と成果を高く評価している。