

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00933

研究課題名(和文)植物の形作りの分子機構を昆虫の植物操作能力を利用して解明する

研究課題名(英文) Investigation of the molecular mechanisms of plant morphogenesis using the manipulation ability of insect.

研究代表者

佐藤 雅彦 (Sato, Masa H.)

京都府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：20283575

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、植物細胞の形態形成の要素のなかで、「二次細胞壁化」、「細胞のカルス化」、「維管束系の誘導」を起こすメカニズムがどのようにFAB1/PI(3,5)P2によって制御されているかについての解明を虫こぶ形成昆虫の虫こぶ形成能力を利用することで、新規の植物形態形成メカニズムの発見を目指した。

その結果、(1)シロイヌナズナを用いた虫こぶ形成解析法、Ab-GALFA法の開発および同法を用いた新規遺伝子の同定、(2)シロイヌナズナCAP受容体(CAPR)の同定、(3)PI(3,5)P2によって制御される形態形成シグナリング経路の解析等を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、PI(3,5)P2によって制御される植物の形態形成メカニズムを総合的に解明することにある。この目的のために、シロイヌナズナを用いて虫こぶ形成メカニズムを解析する新手法、Ab-GALFA法を開発した。この手法を用いることで、虫こぶ形成昆虫が分泌する新規ペプチド性因子として、今新たな形態形成因子であるCAPペプチドを発見することに成功した。CAPペプチドによる形態形成制御機構は、学術的に意義があるだけでなく、新規バイオスティミュラントとして実用化することにより、環境保護型の農業に寄与するという社会的意義もある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to elucidate how FAB1/PI(3,5)P2 regulates the mechanisms of "secondary cell wall formation," "cell callus formation," and "vascular system induction" among the elements of plant cell morphogenesis by using the gall-forming insect's ability to form insect galls. Also, we aimed to discover a novel mechanism of plant morphogenesis by utilizing the ability of gall formation of gall-forming insects.

As a result, we (1) developed a new method for analyzing insect gall formation in Arabidopsis, the Ab-GALFA method, and identified novel genes using this method, (2) identified the Arabidopsis CAP receptor (CAPR), and (3) analyzed the morphogenetic signaling pathway regulated by PI(3,5)P2.

研究分野：植物分子生物学

キーワード：虫こぶ形成昆虫 PI(3,5)P2 FAB1 植物形態形成 シロイヌナズナ ヌルデシロアブラムシ 微小管細胞骨格

1. 研究開始当初の背景

(a) 植物の形態形成の概要

植物細胞は、幹細胞から分化した細胞に変化する間に、極性を獲得し、次のような過程を経て、特定の細胞独自の形態を形成する。**【過程①】**受容体による光、植物ホルモン、異種生物からの分泌物などの刺激情報の受容。**【過程②】**受容した情報の細胞内シグナル伝達および適切な遺伝子の転写・翻訳調節。**【過程③】**アクチンや表層微小管などの細胞骨格の制御。**【過程④】**細胞の伸長や細胞壁の形成のための方向性を持った分泌(極性分泌)(図1)。

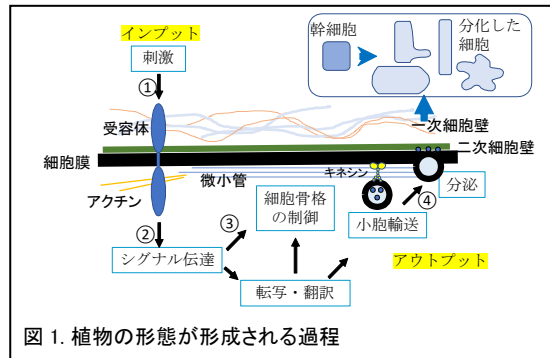


図1. 植物の形態が形成される過程

(b) 植物の形態形成とホスファチジルイノシトール 3,5-ニリン酸 [PI(3,5)P₂]シグナリングの重要性

植物細胞の形態形成には、表層微小管の配向制御(過程③)と細胞膜および細胞外への極性分泌(過程④)が重要な働きをしている。

細胞膜直下の表層微小管が、一定方向に配向することにより、細胞壁最内層のセルロース微繊維の方向性が決定し、細胞伸長・抑制の方向が決定する。さらに、細胞膜や細胞外の決まった領域に、特定のタンパク質や細胞壁成分を極性分泌することにより、あらゆる植物細胞の形態や性質が決定する。この表層微小管の配向や極性分泌は、細胞の極性確立(図2)によって起こるが、その中心制御因子の実体については全く不明であった。

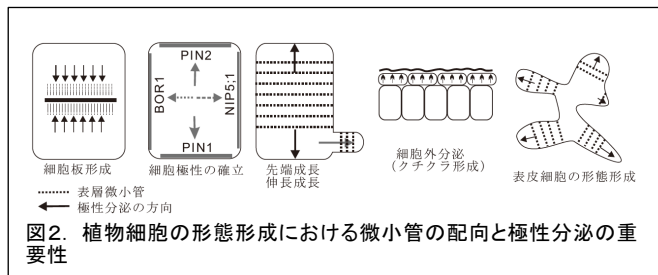


図2. 植物細胞の形態形成における微小管の配向と極性分泌の重要性

細胞膜直下の表層微小管が、一定方向に配向することにより、細胞壁最内層のセルロース微繊維の方向性が決定し、細胞伸長・抑制の方向が決定する。さらに、細胞膜や細胞外の決まった領域に、特定のタンパク質や細胞壁成分を極性分泌することにより、あらゆる植物細胞の形態や性質が決定する。この表層微小管の配向や極性分泌は、細胞の極性確立(図2)によって起こるが、その中心制御因子の実体については全く不明であった。研究代表者は、シロイヌナズナにおいて、ホスファチジルイノシトール 3リン酸 5キナーゼである FAB1 とその生成物であるホスファチジルイノシトール 3,5-ニリン酸[PI(3,5)P₂]は、「後期エンドソームの成熟に関与すること」、「成熟した後期エンドソームは、表層微小管に接着することで、表層微小管の配向を制御し、オーキシン排出体 PIN などの極性輸送を制御すること」、「表層微小管構造は、後期エンドソームの構造維持に重要であること」を明らかにしてきた。さらに研究代表者は、科学研究費補助金基盤研究(B)の研究課題「植物の極性分泌における細胞膜上の極性場形成機構の解明」で、根毛細胞を極性場形成機構解明のモデルシステムとして用いて、FAB1と低分子量 GTPase ROP10が、根毛側面の細胞膜上で複合体を形成することで、根毛側面の細胞膜直下の表層微小管の構造を安定化し、さらに PI(3,5)P₂が細胞膜上の目印になり、細胞壁を硬くする成分を根毛側面の細胞壁に極性分泌することで、根毛の細長く、真っ直ぐな構造を形成することを明らかにした(図3)。更に FAB1 または PI(3,5)P₂の欠損は、根毛形態だけではなく、様々な組織の微小管の配向異常と形態異常を引き起こすことから、研究代表者は、FAB1/PI(3,5)P₂は、表層微小管の配向と細胞膜および細胞外への極性分泌を制御する植物細胞の形作りの中核的因子であると確信した。

(c) 昆虫の植物操作能力

昆虫類と植物は、長い共進化の過程で、複雑で巧妙な生物間相互作用を及ぼしあいながら、さまざまな環境に適応してきた。このような相互作用には、昆虫類が植物の生理状態や形態に影響を及ぼし、自身の生存に都合の良いように作り変えてしまう例がある。例えば、虫こぶ形成昆虫は、本来宿主植物種ではみられない特殊化した組織である虫こぶ(図3)を誘導し、そこをすみかや餌としている。虫こぶは、「外殻にリグニン、スベリン化した二次細胞壁でできた硬い組織」、「内部にカルス状の未分化細胞群」、「虫こぶに栄養分を送る維管束組織」(虫こぶ構造の3大要素)が形成されるが、これは、昆虫が、昆虫の生産する植物ホルモンと共に、なんらかのエフェクター分子を分泌することにより植物の発生・分化プログラム(過程①~④)を正確に操作した結果と考えられる。この特殊能力の解明は、虫こぶの形態形成の謎を解くという基礎科学的な意義だけではなく、植物の形態を外部から操作し、新たな形質を持った作物を開発するという応用面での展開も期待できる。

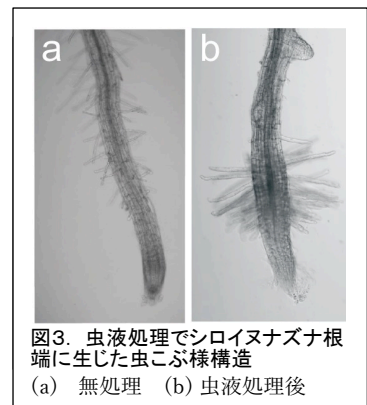


図3. 虫液処理でシロイヌナズナ根端に生じた虫こぶ様構造
(a) 無処理 (b) 虫液処理後

研究代表者は、虫こぶ形成昆虫の虫体破砕液(虫液)がシロイヌナズナ根端の構造を大きく変化させる活性を持つことを発見した(図4)。この構造を組織化学的に解析した結果、この構造は「**虫こぶ構造の3大要素**」を完璧に備えている虫こぶ様構造であることが明らかとなった。また、ヌルデ虫こぶ形成時とシロイヌナズナ虫こぶ様構造形成時の遺伝子プロファイルと比較すると、両者の発現プロファイルに高い共通性があり、オーキシンやサイトカイニン、ABA、CLE ペプチドシグナリング、二次細胞壁合成系、花器官形成転写因子群など多くの遺伝子ネットワーク群が活性化していた。以上の知見は、モデル植物シロイヌナズナを用いて虫こぶ形成メカニズムを解明できることを示していた。

2. 研究の目的

(a) 研究課題の核心をなす学術的「問い」

PI(3,5)P₂ シグナリングによって制御される植物の形態形成の実体とはなにか? ~形態形成中心制御因子としてのPI(3,5)P₂を昆虫の植物操作能力を用いて解明する~

研究代表者は、FAB1/PI(3,5)P₂が制御する生理現象を解き明かしていく過程で、FAB1/PI(3,5)P₂が「根毛の先端成長時の側面の形態形成」を制御することを証明した(*Nature Plants*, 2018)。さらに、研究代表者は、虫液は、虫こぶ用構造を形成させる過程で、「二次細胞壁化」、「細胞のカルス化」、「維管束系の誘導」という現象を強調した形で誘導し、この現象がPI(3,5)P₂の欠乏で阻害されるという発見から植物細胞の形態形成のうち、少なくとも、「二次細胞壁化」、「細胞のカルス化」、「維管束系の誘導」は、PI(3,5)P₂シグナリングによって制御されることを見出した。

そこで、本研究計画では、植物細胞の形態形成の要素のなかで、「二次細胞壁化」、「細胞のカルス化」、「維管束系の誘導」を起こすメカニズムがどのようにFAB1/PI(3,5)P₂によって制御されているかについての解明を進めることで、新規の植物形態形成メカニズムの発見を目指す。

3. 研究の方法

3-1. 虫こぶ形成エフェクターおよび植物側受容体の同定

過程①を解明する目的で、(a-1)ハイスルーブットバイオアッセイ系を用いた昆虫の形態形成誘導ペプチド様分子の同定、(a-2)複数種類の虫こぶ形成昆虫の虫液を用いたAb-GALFA法によるエフェクター遺伝子の同定、を行う。

3-2. PI(3,5)P₂によって制御される形態形成シグナリング経路の解析

PI(3,5)P₂特異的Ab-GALFA法によって抽出された遺伝子群は、二次細胞壁形成、側根形成、維管束形成に関わるグループに分類される。本項目では、これらのグループについて、逆遺伝学的方法と順遺伝学的方法を併用することで解明する。

3-3. PI(3,5)P₂によって制御される微小管と後期エンドソームとの関係と極性分泌の解析

研究代表者らの先行研究によって、FAB1/PI(3,5)P₂欠乏は、表層微小管形成と、FAB1 エンドソーム構造形成の両者を阻害し、細胞極性が攪乱されることが明らかとなっている。これらのデータから、PI(3,5)P₂は、後期エンドソームに局在し、後期エンドソームの成熟、後期エンドソームと表層微小管の相互作用および両者の構造形成を制御することで、後期エンドソームを経由する極性分泌を担うことが明らかとなったが、その分子機構の詳細は依然として不明である。本研究項目では、PI(3,5)P₂によって制御される微小管と後期エンドソームとの関係と極性分泌を解明する。

4. 研究成果

虫こぶ形成エフェクターおよび植物側受容体の同定

・シロイヌナズナを用いた虫こぶ形成解析法、Ab-GALFA法の開発および同法を用いた新規遺伝子の同定

虫こぶ形成現象は、野生状態において、虫こぶ形成昆虫とそれらの宿主植物の両者が必要であるために、実験室で再現することは非常に困難であった。研究代表者は、モデル植物シロイヌナズナ幼植物に虫こぶ形成昆虫の破砕液(虫液)を処理すると、根端が膨張する現象を発見した。膨張した根端部には、道管が新たに形成される。表皮細胞に二次細胞壁が沈着する。表皮細胞が脱分化するなど、虫こぶ組織に特異的な形質が現れた。さらに、虫液を処理したシロイヌナズナ幼植物のRNAseq解析により、根端に生じた構造体では、虫こぶ形成初期に発現する遺伝子群が発現していた。以上の結

果より、シロイヌナズナ幼植物の根端に生じる構造は、虫こぶに類似した構造であると結論した。さらに、研究代表者は、この現象を利用して虫こぶ形成メカニズムをモデル植物シロイヌナズナを用いて解析する手法である。Ab-GALFA(Arabidopsis-based Gall Formation Assay)法を開発した。

さらに、Ab-GALFA 法および RNAseq 解析によって、二次壁形成に関わる遺伝子群の発現が上昇していることが示された。この遺伝子群より、機能未知の遺伝子 At1g56320 の機能について解析した結果、当該遺伝子産物は、グリコシルホスファチジルイノシトール(GPI)アンカータンパク質の一種であり、根の前形成層 (procambium)に特異的に発現していることが明らかとなった。このことから、当該遺伝子を *Procambium Protein 1(PCPI)*と名付けた。

・虫こぶ形成エフェクターの同定

研究代表者は、虫こぶ形成昆虫ヌルデシロアブラムシの RNA-seq による遺伝子発現網羅解析によって、虫こぶ誘導時におけるヌルデシロアブラムシの遺伝子発現プロファイルを解析し、虫こぶ誘導時に発現する遺伝子を同定した。

この遺伝子の中より、虫こぶを誘導するエフェクター分子を単離するために、これらの分子は、①分泌シグナル配列を持ち、②植物も類似分子をもち、③虫こぶ形成期に共通して発現が上昇する遺伝子、と予想し、①～③の条件を満たす遺伝子の抽出を行った。その結果、酵母から、動物、植物まで広く保存されたタンパク質である Cysteine-rich secretory proteins, Antigen5, and pathogenesis-related 1 proteins (CAP)を同定した。CAP は、酵母から、動物、植物まで広く保存された分泌性タンパク質であることが知られているが、それらの機能については、不明な点が多い。そこで、研究代表者らは虫こぶ誘導昆虫における CAP の機能を解明するために、CAP に対する抗体を作成し、虫こぶ誘導昆虫の一種であるタマホソガの幼虫を免疫染色したところ、虫こぶ誘導期の幼虫の絹糸腺に CAP が存在することを明らかにした。さらに、CAPファミリー間で、特に保存性が高いアミノ酸配列22残基の合成ペプチド(CAPペプチド)を、シロイヌナズナ芽生えに高濃度処理すると、分化している細胞群が幹細胞化した(図4)。

さらに、CAP ペプチドと植物ホルモンを添加した培地で、ムシクサコバンゾウムシが虫こぶを形成するムシクサ植物体を培養すると、人工的に虫こぶ様組織が形成することを確認している(図5)。これらの結果は、虫こぶ形成昆虫が、CAP ペプチドと植物ホルモンを同時に分泌することで、宿主植物に虫こぶ形成が起こることを示唆している。

以上の結果より、CAP ペプチドは、オーキシンやサイトカイニンなど植物ホルモンとともに虫こぶ形成エフェクターとして機能していることが明らかとなった。

・シロイヌナズナ CAP 受容体(CAPR)の同定

シロイヌナズナ CAP 遺伝子の遺伝子発現ネットワーク解析や CAP ペプチド処理をしたシロイヌナズナの網羅的発現解析から、42 種類の CAP 受容体(CAPR)候補を抽出した。続いて、表面プラズモン共鳴法(Biacore)により、CAP ペプチドと CAPR 候補の一つの結合を確認した、さらに、CAP ペプチドとの結合が確認された CAPR を過剰発現する形質転換シロイヌナズナを作成し、CAP ペプチドを処理したところ、野生型に比べて、より低濃度で、細胞の初期化など CAP ペプチドの効果が現れた。以上の結果より、42 種類の類似遺伝子は CAPR ファミリーであると結論づけた。

・PI(3,5)P₂によって制御される形態形成シグナリング経路の解析

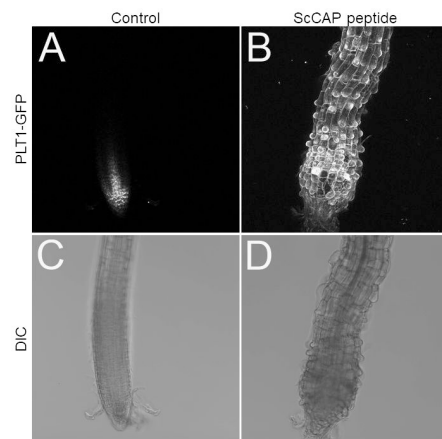


図4. 昆虫 CAP ペプチド処理により、シロイヌナズナ根端に虫こぶ様構造が形成される。CAP ペプチド処理前(A, C)と処理後2日(B, D)。

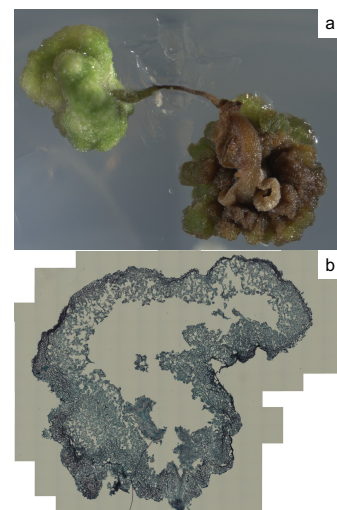
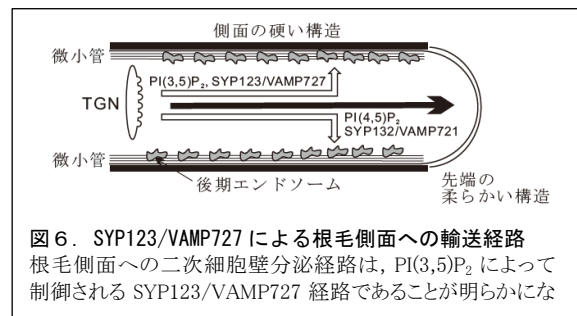


図5. CAP ペプチドによる人工虫こぶの誘導

虫こぶを形成する植物ムシクサの組織断片をCAPペプチドを含む培地で培養すると、茎のさき、人工虫こぶが形成される(a)、切片を染色すると虫こぶの特徴が観察された(b)。

研究代表者らの先行研究によって、PI(3,5)P₂ が根毛の側面形成時における二次細胞壁と微小管の形成に重要な働きをしていることが明らかとなっている。本研究では、PI(3,5)P₂ によって制御される二次細胞壁の輸送経路の実態は、根毛特異的 SNARE 分子である SYP123 と SYP123 と SNARE 複合体を形成する VAMP727 を介した根毛細胞膜側面への輸送経路によるものであることを明らかにした(図6)。



PI(3,5)P₂ によって制御される微小管と後期エンドソームとの関係と極性分泌の解析

根毛における PI(3,5)P₂ の微小管と後期エンドソームとの関係と極性分泌への影響を調べた結果、

- PI(3,5)P₂の欠損により、表層微小管が断片化し、二次細胞壁成分の分泌ができなくなる。
- PI(3,5)P₂合成酵素, FAB1は、チューブリンやKINESIN12と結合した。
- 蛍光標識した合成チューブリン, 精製FAB1と精製PFD1/2/3/4/5/6を用いて、微小管重合反応を行い、共焦点レーザー顕微鏡で観察した。数秒, 数分の間観察すると、微小管重合反応は、チューブリン, 精製PFD1/2/3/4/5/6, 精製FAB1の存在下で起こったが、これらどれかが欠けると起こらなかった。
- 微小管標識タンパク質Cypet-TUB6と 2xCitrine-KINESIN12AとFAB1A-TagRFPとが共発現し、可視化できるライン[2xCitrine-KINESIN12A/FAB1A-TagRFP/Cypet-TUB6]を用いて観察したところ、FAB1と KINESIN12は部分的に共局在した。
- kinesin12*変異体では、ゴルジ体やトランスゴルジネットワーク/前期エンドソームに異常は見られなかったが、FAB1-endosomeは存在しなかった。
- kinesin12*変異体では、表層微小管が正常だった。
- SYP123は、SYP132によって根毛の側面細胞膜に配置された。
- SYP123とVAMP727は、FAB1の阻害剤により局在が変化した。
- SYP123とVAMP727は、細胞膜上で共局在し、互いに結合した。
- SYP123とVAMP727が、伸長中の根毛において、二次細胞壁を最もよく分泌する部位は、先端と基部の間のサブアピカルだった。
- syp123*変異体や*vamp727*変異体では、根毛の二次細胞壁成分の分泌機構に欠陥があり、形のいびつで太く、柔らかい根毛を形成するが、表層微小管は正常だった。

上記の結果から、微小管と二次細胞壁成分の分泌における分子機構について、「FAB1は、チューブリンやPFD1/2/3/4/5/6と結合して、表層微小管の重合を促進する。FAB1が微小管上にあるKINESIN12と結合することにより、キナーゼとしての機能が活性化し、FAB1-endosome が形成される。FAB1-endosomeは細胞膜直下まで移動すると、FAB1-endosomeの表面に局在するVAMP727と細胞膜に局在するSYP123が一時的に結合することで、FAB1-endosome中に含まれる二次細胞壁成分が細胞壁側に分泌される。」ことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Hirano Tomoko, Kimura Seisuke, Sakamoto Tomoaki, Okamoto Ayaka, Nakayama Takumi, Matsuura Takakazu, Ikeda Yoko, Takeda Seiji, Suzuki Yoshihito, Ohshima Issei, Sato Masa H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Reprogramming of the Developmental Program of <i>Rhus javanica</i> During Initial Stage of Gall Induction by <i>Schlechtendalia chinensis</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.00471	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hirano Tomoko, Sato Masa H.	4. 巻 10
2. 論文標題 Diverse Physiological Functions of FAB1 and Phosphatidylinositol 3,5-Bisphosphate in Plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2019.00274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Takeda Seiji, Yoza Makiko, Amano Taisuke, Ohshima Issei, Hirano Tomoko, Sato Masa H., Sakamoto Tomoaki, Kimura Seisuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparative transcriptome analysis of galls from four different host plants suggests the molecular mechanism of gall development	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0223686	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yusuke Deromachi, Shimpei Uruguchi, Masako Kiyono, Kazuhiro Kuga, Kohji Nishimura, Masa H Sato, Tomoko Hirano	4. 巻 15
2. 論文標題 Stable expression of bacterial transporter ArsB attached to SNARE molecule enhances arsenic accumulation in <i>Arabidopsis</i> .	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Signal. Behav.	6. 最初と最後の頁 1802553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2020.1802553	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomoko Hirano, Ayaka Okamoto, Yoshihisa Oda, Tomoaki Sakamoto, Seiji Takeda, Takakazu Matsuura, Yoko Ikeda, Takumi Higaki, Seisuke Kimura, Masa H. Sato.	4. 巻 13
2. 論文標題 Ab-GALFA, A bioassay for insect gall formation using the model plant Arabidopsis thaliana.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-29302-8.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomoko Hirano, Masa H. Sato	4. 巻 10
2. 論文標題 Diverse physiological functions of FAB1 and phosphatidylinositol 3,5-bisphosphate in plants.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front. Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2019.00274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 平野朋子, 佐藤雅彦	4. 巻 1
2. 論文標題 植物の根毛はなぜ真っすぐに伸びる	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日経バイオテク	6. 最初と最後の頁 49-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seiji Takeda, Tomoko Hirano, Issei Ohshima, Masa H Sato	4. 巻 22
2. 論文標題 Recent Progress Regarding the Molecular Aspects of Insect Gall Formation.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int. J. Mol. Sci.	6. 最初と最後の頁 9424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22179424	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sawa, S, Sato, M.H., Favery, B.	4. 巻 11
2. 論文標題 Developmental modification under biotic interactions in plants.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front. Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 619804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.619804. eCollection 2020.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 木村成介, 佐藤雅彦, 平野朋子	4. 巻 10
2. 論文標題 虫こぶ由来のCAPペプチドによる植物の潜在能力を引き出す	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BIO INDUSTRY	6. 最初と最後の頁 8-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤雅彦, 木村成介, 平野朋子	4. 巻 冬号
2. 論文標題 昆虫が作り出す虫こぶ由来の化合物を活用して新たなバイオスティミュラント資材の実現を目指す	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農耕と園芸	6. 最初と最後の頁 33-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 出呂町 祐典, 西村 浩二, 清野 正子, 浦口 晋平, 佐藤 雅彦, 平野 朋子
2. 発表標題 オルガネラターゲットング技術開発によるバクテリアヒ素輸送体ArsBを利用したヒ素耐性および蓄積性植物の作製
3. 学会等名 日本植物細胞分子生物学会京都大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平野 朋子, 海老根 一生, 上田 貴志, 佐藤 雅彦
2. 発表標題 根毛側面における二次細胞壁成分の輸送メカニズムの解明
3. 学会等名 日本植物細胞分子生物学会京都大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山 拓己, 斉藤 悠馬, 大島 一正, 鈴木 義人, 木村 成介, 平野 朋子, 佐藤 雅彦
2. 発表標題 Ab-GALFA法を用いたヌルデの虫こぶ形成機構の解明
3. 学会等名 日本植物細胞分子生物学会京都大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤雅彦
2. 発表標題 モデル植物シロイヌナズナを用いて虫こぶ形成メカニズムを解明する
3. 学会等名 日本植物細胞分子生物学会京都大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平野 朋子, 中山 拓己, 大島 一正, 木村 成介, 佐藤 雅彦
2. 発表標題 モデル植物シロイヌナズナを用いた虫こぶの解析と虫こぶ誘導エフェクターの探索
3. 学会等名 第3回 日本共生生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山 拓己, 斎藤 悠馬, 大島 一正, 鈴木 義人, 木村 成介, 平野 朋子, 佐藤 雅彦
2. 発表標題 Ab-GALFA 法を用いたヌルデの虫こぶ形成機構の解明
3. 学会等名 第3回 日本共生生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山 拓己, 斎藤 悠馬, 大島 一正, 鈴木 義人, 木村 成介, 松浦 恭和, 池田 陽子, 武田 征士, 平野 朋子, 佐藤雅彦
2. 発表標題 Ab-GALFA 法を用いたヌルデの虫こぶ形成機構の解明
3. 学会等名 第61回 日本植物生理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 植物幹細胞 誘導 作用 及び植物病害抵抗性誘導 作用を有する ペプチド	発明者 佐藤雅彦, 平野朋子, 大島一正, 木村成介	権利者 京都府立大学・京都産業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2020 156361	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

京都府立大学生命環境科学研究科 細胞動態学研究室 (佐藤研究室) http://mei.kpu.ac.jp/~mhsato/lab-hp/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	濱田 隆宏 (Hamada Takahiro) (20452534)	岡山理科大学・生命科学部・准教授 (35302)	
研究分担者	大島 一正 (Ohshima Issei) (50466455)	京都府立大学・生命環境科学研究科・准教授 (24302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関