

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月10日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22570051

研究課題名（和文）植物根毛細胞の先端成長に関与する SNARE 相互作用因子の同定および機能解析

研究課題名（英文）Identification and characterization of SNARE-interacting molecules involved in the tip-growth of root hair of plants.

研究代表者

佐藤 雅彦 (Masa H. Sato)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：20283575

研究成果の概要（和文）：

本研究では、シロイヌナズナの SH3Ps タンパク質の細胞内局在と機能解析を行った。その結果、根における SH3P1-GFP は細胞膜や分裂細胞の細胞板に局在し、細胞板や細胞表面付近では輸送小胞と思われるドット状の局在パターンを示した。一方、SH3P1 のオルソログである SH3P3-GFP はコルメラ細胞で特異的に発現し、細胞膜の特定の部位に局在するが、その局在は重力刺激を与えると変化した。以上の結果から、SH3Ps は根の重力屈性において何らかの役割を果たしていることが考えられる。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we investigated the function and subcellular localization of SH3Ps using T-DNA insertion or RNAi knockdown mutants and transgenic plants expressing GFP-fusion proteins. We demonstrated that SH3P1-GFP was localized to various organelles including the plasma membrane, transport vesicles as well as the cell plate of dividing cells. In particular, SH3P1-GFP showed polar localization similar to the localization of PIN2 in epidermal cells, and an actin polymerization inhibitor, latrunculinB, a PI3P kinase inhibitor, wortmannin affected the polarized localization SH3P1. This result indicates that the polar localization of SH3P1-GFP depended on actin cytoskeleton and the endocytotic pathway.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・植物分子生物・生理学

キーワード：植物分子機能、先端成長

1. 研究開始当初の背景

細胞の先端成長とは、細胞の一部が特異的に細長く伸長成長する現象で、酵母の接合時における接合突起の形成、菌類における菌糸の伸長、シダ原糸体の伸長、神経細胞の軸索の伸長など、様々な多細胞生物細胞の形態形成において、非常に重要な役割を果たしてい

る。特に高等植物においては、根毛や花粉管の伸長などの形態形成現象に細胞の先端成長が重要な働きを担っていることが知られている。細胞の先端成長には、細胞内での細胞質成分や細胞膜タンパク質等の物質の偏った配置、すなわち、細胞極性が確立することが重要である。細胞極性の確立には、細胞

膜上あるいは細胞外へのタンパク質等の極性輸送が重要な働きをしていることが知られており、高等植物においては、根毛や花粉管の先端成長をモデル系として精力的に研究が進められ、植物細胞の先端成長時の極性確立には、カルシウム濃度勾配、アクチン等の細胞骨格、小胞輸送関連因子などが重要な働きをしていることが分かっている。しかしながら現在の先端成長に関するモデルでは、カルシウムシグナリングによる細胞骨格系の制御とタンパク質の極性輸送の間の関係等、それぞれの分子間の関連性に不明な点が多い。

一方、申請者は、モデル植物シロイヌナズナを用いて、細胞内小胞輸送におけるSNAREの機能および細胞内局在の解析を行ってきた。その結果、液胞膜SNARE, AtVam3の単離および解析、GFP-AtVam3発現植物を用いた液胞の動的構造の解析、シロイヌナズナのSNAREの細胞内局在マップの作成、自己プロモーター制御下でGFP融合型細胞膜SNAREを発現する形質転換植物を用いた細胞膜SNAREの発現および細胞膜上での局在解析などの成果を得てきた。これらの成果より、(1)細胞膜上には、他のオルガネラ膜系よりはるかに多くのSNARE分子が存在する。(2)細胞膜上のQa-SNAREは、それぞれ特異的な組織特異的発現パターンを示し、発達の過程においてSNAREを使い分けている。(3)根毛細胞では細胞膜Qa-SNARE, SYP123が、また花粉の発達時には、SYP124, SYP125がそれぞれ特異的に発現している。(4)SYP123は根毛の先端、SYP124, SYP125は花粉管の先端に強く局在化している。(5)SYP123の発現を抑制すると根毛の長さが短くなる。などの事実が明らかとなった。これらのことから、植物細胞の先端成長、例えば、根毛の伸長過程においては、SYP123が、花粉管の伸長過程においては、SYP124, SYP125がそれぞれ機能していることが明らかとなった。これらの分子は、申請者によって、高等植物において始めて発見された先端成長に関与するSNARE分子であり、先端成長における極性輸送を理解する上において欠かせない分子である。

私は、現在までに、根毛の伸長過程における根毛特異的SNARE, SYP123および全細胞で普遍的に発現しているSYP132についての機能解析を進め、SYP123, SYP132の根毛伸長時における小胞輸送機能分担に関して、以下のような仮説を提唱した。すなわち、SYP123は、アクチン繊維依存的に、根毛の先端に集中し、輸送小胞に存在するR-SNAREの一種、AtVAMP721とSNARE複合体を形成し、更に、主にブレフェルディンA(BFA)感受性のリサイクリング経路に関与する。一方、SYP132は、細胞膜全体に均一に存在し、AtVAMP722とSNARE複合体を形成して、BFA非感受性の新規タンパク質のエキソサイトーシスに関与しているという仮説である。つまり、根毛の伸長成長時に

は、新規に合成されたタンパク質が、SYP132が関与する分泌経路によって、細胞膜全体に輸送される。その後、いったん輸送されたタンパク質は、SYP123が関与するリサイクリング経路によって、根毛の先端部分に濃縮され、根毛の伸長成長がおこる。

上記より根毛の先端成長には、二種類の異なる小胞輸送経路が存在するというモデルを提唱するに至った。

2. 研究の目的

細胞内におけるタンパク質の極性輸送は、細胞の先端成長など高等植物細胞の形態形成を考える上で非常に重要な現象である。本研究では、小胞輸送に関係する分子、SNAREタンパク質を中心として、SNAREが極性輸送に果たす役割および極性輸送および細胞の先端成長に関与するSNAREと相互作用するタンパク質、特に小胞輸送系および細胞骨格系のタンパク質との関連性を根毛の先端成長をモデル系として分子生物学的、細胞生物学的アプローチにより解析し、細胞内極性輸送のメカニズムを詳細に解析することを目的としている。

3. 研究の方法

(1)局在解析—自己プロモーターまたはカリフラワーモザイクウイルス35Sプロモーター制御下でGFP融合SH3Ps(SH3P1, SH3P2, SH3P3)を発現する遺伝子組換え植物を作成し、各組織における局在を観察する。また、細胞内局在を明確にするために各オルガネラマーカーを用いて共局在の有無を調べる。また、SH3P1については抗体を用いて抗体染色を行い、GFP融合SH3P1がGFPによって局在に異常が現れないかを確認する。

(2)組織別発現解析—各組織のRNAを抽出し、cDNAを合成後、real time PCRを用いて発現量を調べる。また、詳細な組織別発現を見るために、プロモーターにGUSレポーターを融合させた遺伝子組み換え植物を作成し、GUS染色によって、各組織での詳細な発現場所を特定する。

(3)阻害剤実験—上記で作成した植物体を用いて、アクチン重合阻害剤や、エキソサイトーシス阻害剤など、様々な輸送経路阻害剤を処理し、どの輸送経路に関わっているかを見る。とくに、細胞骨格系の阻害剤、Latrunculin B (アクチン重合阻害剤) やオリザリン (微少管阻害剤) を処理して、SH3Psと細胞骨格との関係を調べる。また、浸透圧や塩ストレスを与え、輸送系を刺激した場合に局在の変化が現れるかを観察する。

(4)機能解析—SH3Psの機能を調べるために、過剰発現株と機能欠損株を作成する。ただし、SH3P1とSH3P2, SH3P3の三種類は40%近くアミノ酸配列が似ているため、各変異体では表現型が現れない可能性があるため、二重変異体や三重変異体の準備も進める。また、表

現型が現れた場合、即座に変異体に GFP 融合型遺伝子を導入し、表現型が回復するかどうか調べるといった相補実験の準備を進める。過剰発現体・機能欠損株ともに、生育状態や環境応答（重力屈性やストレス応答）の観察をしていく。

(5) 相互作用解析—SH3P1 は SYP123 の複合体解析で見つかったが、そのホモログである SH3P2 や SH3P3 が SYP123 と相互作用するかは分かっていない。これらが SYP123 と相互作用するかどうかや、他の SNARE と相互作用するかどうかを調べる。また、他の SYP123 相互作用因子の候補についても split luciferase complementation assay (植物細胞内で相互作用の有無を検出できる実験系) を用いて相互作用を再度検討する。

4. 研究成果

(1) SH3P1 と SYP123 は共局在する。

シロイヌナズナにおいて根毛特異的に発現する Qa-SNARE である SYP123 の質量解析法を用いた複合体解析から、SH3P1 が SYP123 の相互作用候補として単離されたため、まず、SYP123 と SH3P1 が相互作用するか、および共局在するかについての解析を行った。Pull down 法を用いて直接的な相互作用の有無を調べた結果、直接的な相互作用は見られなかった。一方、酵母 two-hybrid 法を用いて相互作用の有無を調べたところ、僅かだが、ネガティブコントロールに比べて酵母が育成した(図 1)。以上のことから SYP123 と SH3P1 の弱い相互作用が示唆された。

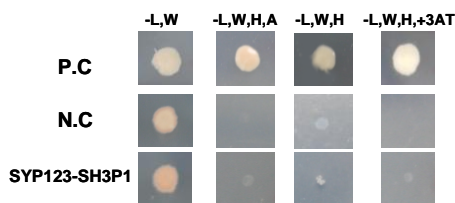


図 1. 酵母 two-hybrid 法による相互作用解析
P.C. ポジティブコントロール
N.C. ネガティブコントロール

また、根毛細胞中で SYP123 と SH3P1 が共局在しているかどうかを調べるために、SYP123 プロモーター制御下に tagRFP を融合させた SYP123 を発現するトランスジェニック植物体を作成し、さらに、SH3P1 プロモーター制御下で SH3P1-GFP を発現するトランスジェニック植物体を交配させ、両遺伝子を有する植物体を得た。その後、このトランスジェニック植物体の発芽後 5 日目の芽生えを観察した。その結果、根毛の先端の細胞膜において、SH3P1 と SYP123 は共局在した。また、Brefeldin-A (BFA) を処理した場合も SYP123 と SH3P1 は BFA 処理によって、BFA ボディー

に共局在した (図 2)。

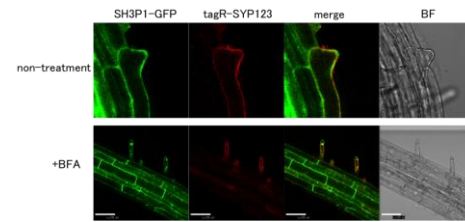


図 2. SYP123 と SH3P1 の根毛における共局在性

(2) SH3Ps の発現と局在パターン

先端成長に関わる SYP123 の相互作用候補として SH3P1 が挙げられたが、SH3P1 には SH2P2、SH3P3 という 2 種類のオルソログが存在する。そこで、これら 3 つの SH3Ps の発現を調べるために、各組織から抽出した RNA を用いて、組織別 RT-PCR を行った。結果、全ての組織で発現が確認された (図 3)。

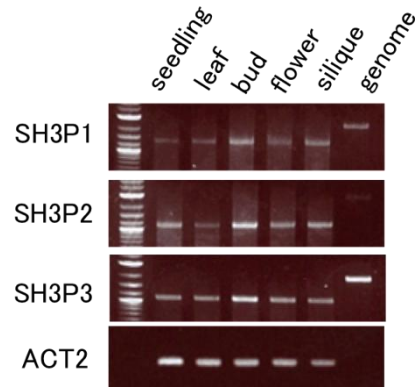


図 3. RT-PCR 法による SH3P1-3 の組織別発現パターンの解析

次に、細胞内局在を調べるために、自己プロモーター制御下で発現する GFP 融合型 SH3P のコンストラクトを作成し、アグロバクテリウム法を用いて、トランスジェニック植物を作成した。タンパク質の N 末側に GFP を付けた場合と、C 末側に付けた場合のトランスジェニックを作成した。また、自己プロモーターの代わりにカリフラワーモザイクウイルス 35S プロモーター (CaMV 35S) で過剰発現させるラインも作成した。複数の形質転換ラインを観察した結果、SH3P1p::SH3P1-GFP は 5 日目シードリングにおいて、根や胚軸、子葉で発現が見られた。さらに、細胞内局在を観察したところ、根の分裂領域において細胞分裂を行っている細胞の細胞板に強く局在し、細胞板付近や細胞膜付近でドット状の局在パターンが見られた。根の表皮細胞では、細胞膜の上面に極性を持って局在していた (図 4)。

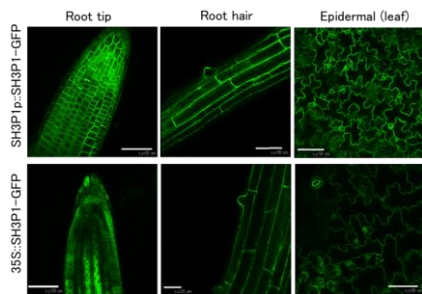


図 4. SH3P1-GFP 各組織における細胞内局在解析

また、SH3P3-GFP の局在がコルメラ細胞の細胞膜の重力方向に極性をもって配向していることから、重力刺激を与えた。重力刺激を与えて観察すると、新たな重力方向へ配向が変わることが分かった。この挙動は根の重力屈性に関与するオーキシン輸送体 PIN7 や PIN3 と酷似しており、重力の感知・応答に関わっていることが示唆される (図 5)。

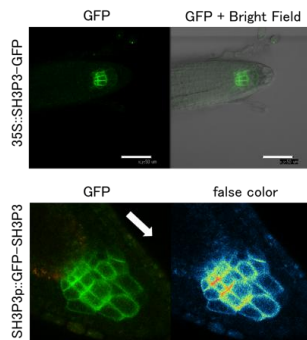


図 5. コルメラ細胞での GFP-SH3P3 の細胞内局在性

(3) *sh3p1* 変異体の機能解析

sh3p1 変異体は SALK から T-DNA 挿入変異体を取得し、Genotyping を行い、ホモ変異体を得た。SH3P1 抗体を用いてウェスタンブロットを行ったところ、発現量が低下したノックダウンであることが分かった。1/2MS 培地にて育成させた 5 日目シードリングのプレートを 90° 回転させ、10 時間後、24 時間後の根の重力屈性を測定した。*sh3p3-2* は 24 時間後においても WT と比べて、根の重力屈性が遅延した。一方、ノックダウン変異体である *sh3p1-3* と SH3P2AmiRNA は 24 時間後では WT とほとんど差がみられないが、10 時間後では WT と比較して重力屈性が遅延していることが分かった。また、この重力屈性の遅延度は発現量と相関していた (図 6)。

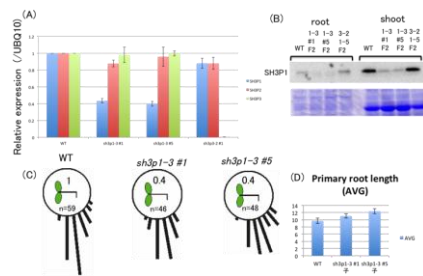


図 6. *sh3p1* における重力屈性遅延の表現形

(A) 定量的 PCR による各変異体の発現量の解析 (B) SH3P1 抗体を用いたウェスタンブロット解析 (C) 重力屈性試験。ヒストグラムで根の屈曲度別を示している。(D) 主根の長さ

(4) 考察及び今後の課題

SH3P ファミリータンパク質の局在解析についてはさらに詳細に調べるとともに、今回十分に検討できなかった阻害剤実験についても行う。これらの実験から、SH3P がどのようなメカニズムで局在しているのか解明できる。特に、SH3P1 と SH3P3 は極性のある局在をとることから、重力屈性との関わりが強く考えられるため、PIN の配向やオーキシンの分布を解析する。すでにサンプルは準備できているので、順次解析を進めて行く。また、コルメラ細胞に局在する SH3P3-GFP に関しては垂直ステージ共焦点顕微鏡を用いて重力刺激を与えたときの局在変化を詳細に観察する。

発現・局在解析から、SH3P1 と SH3P2 は一部同じ箇所働いていると考えられるため、二重変異体を作成し、表現形を詳しく調べて行く。SH3P1 と SH3P3 の二重変異体はホモ・ホモ個体が、かなりストレスに弱い状態で、培地から土へと植え替えを行うとすぐに枯死してしまう。まだ 2 個体しか見られておらず、確認を得るため、ホモ・ヘテロの次世代を育成しており、表現型を同定する予定である。この実験によって、SH3Ps の機能が一部重複しているかどうか、判断できると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

① Hye Sup Yun, Mark Kwaaitaal, Naohiro Kato, Changyun Yi, Sohyeon Park, Masa H. Sato, Paul Shculze-Lefert, Chian Kwon. "Requirement of vesicle-associated membrane protein 721 and 722 for sustained growth during

immune responses in *Arabidopsis*” *Mol Cells*, (2013) DOI/10.1007/s10059-013-2130-2. (査読有)

② Yusuke Nakai, Sumire Fujiwara, Yasuyuki Kubo and Masa H. Sato. “Overexpression of *VOZ2* confers biotic stress tolerance but decreases abiotic stress resistance in *Arabidopsis*” *Plant Signaling & Behaviors* (2013) doi:p11: e23358s. (査読有)

③ Yusuke Nakai, Yoichi Nakahira, Hiroki Sumida, Kosuke Takebayashi, Yumiko Nagasawa, Kanako Yamasaki, Masako Akiyama, Masaru Ohme-Takagi, Sumire Fujiwara, Takashi Shiina, Nobutaka Mitsuda, Eiichiro Fukusaki, Yasuyuki Kubo, and Masa H. Sato. “VASCULAR PLANT ONE-ZINC FINGER PROTEIN 1/2 transcription factors regulate abiotic and biotic stress responses in *Arabidopsis*” *Plant J*, (2013) **73**, 761-775. (査読有)

④ Masako Kiyono, Yumiko Oka, Yuka Sone^a, Ryosuke Nakamura^a, Masa H. Sato, Kou Sakabe^c, Hidemitsu Pan-Hou. “Bacterial heavy metal transporter MerC increases mercury accumulation in *Arabidopsis thaliana*” *Biochemical Engineering Journal*, (2013) **71**, 19-24. (査読有)

⑤ Masako Kiyono, Yumiko Oka, Yuka Sone, Michitaka Tanaka, Ryosuke Nakamura, Masa H. Sato, Hidemitsu Pan-Hou, Kou Sakabe, Ken-ichiro Inoue. “Expression of the bacterial heavy metal transporter MerC fused with a plant SNARE, SYP121, in *Arabidopsis thaliana* increases cadmium accumulation and tolerance” *Planta*, (2012) **235**, 841-850. (査読有)

⑥ Masako Kiyono, Yuka Sone, Kiyomi Miyahara, Yumiko Oka, Masami Nakamura, Ryosuke Nakamura, Masa H. Sato, Hidemitsu Pan-Hou, Kou Sakabe, Ken-ichiro Inoue. “Genetic expression of bacterial merC fused with plant SNARE in *Saccharomyces cerevisiae* increased mercury accumulation” *Biochemical Engineering Journal*, (2011) **56**, 137-141. (査読有)

⑦ Kazuo Ebine, Masaru Fujimoto, Yusuke Okatani, Tomoaki Nishiyama, Tatsuaki Goh, Emi Ito, Tomoko Dainobu, Aiko Nishitani, Tomohiro Uemura, Masa H. Sato, Hans Thordal-Christensen, Nobuhiro Tsutsumi, Akihiko Nakano, Takashi Ueda. “A membrane trafficking pathway regulated by the plant-specific RAB GTPase ARA6” *Nature Cell Biol.*, (2011) **13**, 853-859

⑧ Tomoko Hirano, Masa H. Sato. “*Arabidopsis* FAB1A/B is possibly involved in the recycling of auxin transporters.” *Plant Signal Behav.*, (2011) **6**, 583-585. (査読有)

⑨ Tomoko Hirano, Tohohiko Matsuzawa, Kaoru Takegawa, Masa H. Sato. “Loss-of-function and gain-of-function mutations in *FAB1A/B* impair endomembrane homeostasis, conferring pleiotropic developmental abnormalities in *Arabidopsis*.” *Plant Physiol.*, (2011) **155**, 797-807. (査読有)

⑩ Shoji Segami, Yoichi Nakanishi, Masa H. Sato, Masayoshi Maeshima. “Quantification, organ-specific accumulation and intracellular localization of type II H⁺-Pyrophosphatase in *Arabidopsis thaliana*.” *Plant Cell Physiol.*, (2010) **51**, 1350-1360. (査読有)

⑪ Kato N, Fujikawa Y, Fuselier T, Adamou-Dodo R, Nishitani A, Sato MH. “Luminescence detection of SNARE-SNARE interaction in *Arabidopsis* protoplasts.” *Plant Mol. Biol.*, (2010) **72**, 433-444. (査読有)

[学会発表] (計 20 件)

① 新田拓也、佐藤雅彦、笠原賢洋 「ストレス応答制御因子 *VOZ* のヒメツリガネゴケにおける機能解析」 第 5 4 回日本植物生理学会年会 2013 年 3 月 21-23 日、岡山大学

② 森田重人、山下裕樹、西川友里、I Nengah Suwasutika、佐藤雅彦、増村威宏、佐藤茂 「イネ登熟種子アリユロン層で発現しているグルタレドキシンの抗酸化機能」 第 5 4 回日本植物生理学会年会 2013 年 3 月 21-23 日、岡山大学

③ 藤原正幸、植村知博、上田貴志、佐藤雅彦、深尾陽一郎 「Qa-SNARE のインタラクトミクス」 第 5 4 回日本植物生理学会年会 2013 年 3 月 21-23 日、岡山大学

④ 市川美恵、三好皓之、鐘尾啓太、深尾陽一郎、藤原正幸、佐藤雅彦 「SH3 ドメインを持つ SH3Ps タンパク質は根の重力屈性に関与する」 第 5 4 回日本植物生理学会年会 2013 年 3 月 21-23 日、岡山大学

⑤ 山崎加奈子、中井勇介、佐藤雅彦 「シロイヌナズナにおける病原菌に対する防御応答における *VOZ* の役割」 第 5 4 回日本植物生理学会年会 2013 年 3 月 21-23 日、岡山大学

⑥ 市川美恵、三好皓之、鐘尾啓太、深尾陽一郎、藤原正幸、佐藤雅彦 「SYP123 と相互作用する因子の探索-SH3P1 の局在解析」 第 5 3 回日本植物生理学会年会 2012 年 3 月 16-18 日、京都産業大学

⑦ 安居佑季子、上本允大、佐藤雅彦、河内孝之 「花成経路で機能するフィトクロム相互作用 *VOZ* のシグナリング伝達解析」 第 5 3 回日本植物生理学会年会 2012 年 3 月 16-18 日、京都産業大学

⑧ 有馬啓太、西山沙良、中井勇介、市川美恵、佐藤雅彦 「シロイヌナズナ VAP (VAMP-associated Protein), PVA31 は、

葉の老化過程に関与する。」第53回日本植物生理学会年会 2012年3月16-18日、京都産業大学

⑨ Mayu Sato, Tomoko Hirano, Tomohiko Matsuzawa, Kaoru Takegawa, Mie Ichikawa, Masa H. Sato “Function of PtdIns

3,5-kinase, FAB1 on auxin signaling in Arabidopsis” 第53回日本植物生理学会年会 2012年3月16-18日、京都産業大学

⑩ 中井 勇介, 中平 洋一, 隅田 浩規, 安居 佑季子, 河内 孝之, 高木 優, 光田 展隆, 久保 康之, 佐藤 雅彦 「NAC-like transcription factor, VOZ は生物学的ストレスと非生物学的ストレスに対する適応制御の切り換えに関与する。」日本植物学会第75回大会 2011年9月17-19日

⑪ 上本 充大, 安居 佑季子, 西谷 亜依子, 硯 亮太, 佐藤 雅彦, 河内 孝之 「花成制御に関わるフィトクロム相互作用因子 VOZ の発現組織解析」 第52回日本植物生理学会年会 2011年3月20-22日、東北大学 川内北キャンパス

⑫ 三好 皓之, 鐘尾 啓太, 深尾 陽一郎, 藤原 正幸, 佐藤 雅彦 「シロイヌナズナ細胞膜に局在する SYP123 と相互作用するタンパク質の解析」 第52回日本植物生理学会年会 2011年3月20-22日、東北大学 川内北キャンパス

⑬ 中井 勇介, 中平 洋一, 安居 佑季子, 河内 孝之, 椎名 隆, 高木 優, 光田 展隆, 佐藤 雅彦 「シロイヌナズナ NAC 関連転写因子 VOZ は非生物学的ストレス応答の制御に関与している」 第52回日本植物生理学会年会 2011年3月20-22日、東北大学 川内北キャンパス

⑭ 安居 佑季子, 上本 充大, 硯 亮太, 向川 桂子, 中井 勇介, 中平 洋一, 佐藤 雅彦, 河内 孝之 「フィトクロム相互作用因子 VOZ の花成経路における機能解析」 第52回日本植物生理学会年会 2011年3月20-22日、東北大学 川内北キャンパス

⑮ 平野 朋子, 松沢 智彦, 竹川 薫, 佐藤 雅彦 「シロイヌナズナ FAB1 のノックダウン植物と過剰発現植物は、エンドメンブレンの恒常性を損ない、多面的な発達異常を起こす」 第52回日本植物生理学会年会 2011年3月20-22日、東北大学 川内北キャンパス

⑯ 中井 勇介, 佐藤 雅彦, 安居 佑季子, 河内 孝之, 山崎 謙一, 中平 洋一 「植物特異的 DNA 結合タンパク質 VOZ は転写コアクチベーター MBF1b と相互作用する」 第51回日本植物生理学会年会 2010年3月18-21日、熊本大学、熊本

⑰ 三好 皓之, 江波 和彦, 富永 基樹, 中野 明彦, 佐藤 雅彦 「根毛細胞の細胞膜に局在する SNARE と相互作用するタンパク質の解析」 第51回日本植物生理学会年会 2010年3月18-21日、熊本大学、熊本

⑱ 福元 達也, 松本 直, 劉 成偉, 斉藤 維友, 佐藤 雅彦, 岩崎 郁子, 北川 良親, 「OsPIP1 群の細胞内局在」 第51回日本植物生理学会年会 2010年3月18-21日、熊本大学、熊本

⑲ 市川 美恵, 江波 和彦, 植村 知博, 岩野 恵, 佐藤 雅彦 「花粉の発達と花粉管伸長時における SNARE の局在解析」 第51回日本植物生理学会年会 2010年3月18-21日、熊本大学、熊本

⑳ 安居 佑季子, 西谷 亜依子, 上本 充大, 硯 亮太, 向川 桂子, 中井 勇介, 中平 洋一, 佐藤 雅彦, 河内 孝之 「フィトクロムシグナル伝達において機能する花成促進因子 VOZ の局在解析」 第51回日本植物生理学会年会 2010年3月18-21日、熊本大学、熊本

〔図書〕(計2件)

① Toshio Sano, Toshihiro Yoshihara, Koichi Handa, Masa H. Sato, Toshiyuki Nagata and Seiichiro Hasezawa (2012). Metal Ion Homeostasis Mediated by NRAMP Transporters in Plant Cells - Focused on Increased Resistance to Iron and Cadmium Ion, Crosstalk and Integration of Membrane Trafficking Pathways, Dr. Roberto Weigert (Ed.), ISBN: 978-953-51-0515-2, InTech, DOI: 10.5772/30905

② 岸本 妙子, 木戸 康博編 基礎生物学 (栄養科学シリーズ NEXT) 分担執筆 講談社サイエンティフィック 2011

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://mei.kpu.ac.jp/~mhsato/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 雅彦 (Masa H. Sato)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：20283575

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

深尾 陽一郎 (Youichiro Fukao)

奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・特任助教

研究者番号：80432590