

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K05831

研究課題名(和文) シロイヌナズナの花粉および気孔発生時の色素体増殖・分配ダイナミクス

研究課題名(英文) Proliferation and partitioning of plastids during pollen and stomatal development in Arabidopsis

研究代表者

藤原 誠 (Fujiwara, Makoto)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：90332345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：色素体は植物細胞内で分裂増殖し、細胞分裂時に両娘細胞に適切に分配されて遺伝する。本研究では、原色素体を有し減数分裂を行う花粉母細胞と葉緑体を有し体細胞分裂を行う孔辺母細胞に着目し、シロイヌナズナの色素体分裂異常変異体を主に用いて細胞増殖時の色素体増殖・分配状況を調査した。その結果、色素体分裂装置が破壊された状況でも、花粉母細胞の原色素体は一経路としてブドウ様のクラスターを形成して増殖可能であることが示唆された。他方、孔辺母細胞の色素体は、葉緑体である場合と非光合成色素体である場合が観察されたが、一対の孔辺細胞形成時に必ず1個以上の色素体が娘細胞に分配されることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

葉緑体に代表される色素体(プラスチド)は植物特有のオルガネラである。色素体は独自のDNAを持ち、de novoで合成することができない。そのため色素体が植物組織の形成・発達時に分裂増殖し、細胞分裂時に両娘細胞へ分配されることは、植物の生存に必須である。本研究では、モデル植物シロイヌナズナの花粉と気孔の発生過程に注目して、主に色素体分裂異常変異体を用い細胞増殖時の色素体増殖・分配状況を調べた。その結果、色素体はその分裂装置が破壊されても増殖・分配を可能にするフェイルセーフシステムを有しており、その一例は花粉母細胞で見られた「ブドウ様の色素体凝集構造の形成」であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Plastids are double membrane-bound organelles and proliferate by division in plant cells. The processes of plastid multiplication and its inheritance to two daughter cells during cell division are essential for plant survival. In this study, we investigated the proliferation and partitioning of plastids during pollen and stomatal development in Arabidopsis. Our observations indicated that, when the plastid division apparatus was genetically disrupted, proplastids in pollen mother cells could proliferate through the formation of grape-like plastid aggregations as a fail-safe pathway. On the other hand, plastids in guard mother cells, which were either chloroplasts or non-green plastids under the disruption of the plastid division apparatus, were also shown to be inherited to two daughter guard cells without exception.

研究分野：植物分子生物学

キーワード：色素体 シロイヌナズナ

1. 研究開始当初の背景

葉緑体を初めとする色素体(プラスチド; plastid [英])は、進化的にシアノバクテリアの祖先種に由来する植物オルガネラである。高等植物の色素体は植物組織や外界環境に応じて多様に分化する。葉肉組織では光合成能を有する葉緑体が一細胞あたり数十から数百個存在するが、それらの発生的起源は分裂組織の少数の原色素体(プロプラスチド)である。原色素体は植物の器官形成時、細胞増殖の速度と同等またはそれ以上の速度で分化を伴いつつ増殖し、両娘細胞に確実に分配されて遺伝する。

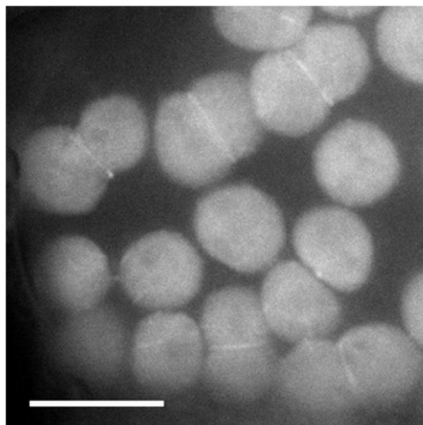


図1. FtsZ1-GFP タンパク質によるシロイヌナズナの葉緑体 FtsZ リングの可視化. スケールバーは 10 μ m.

色素体は内外二層の包膜によって囲まれ、多くの場合、対称二分裂で増殖する。色素体分裂は、バクテリア起源の核コード・FtsZ タンパク質が色素体中央赤道面のストロマ側でリング構造(FtsZ リング)を形成して開始される(図1を参照)。色素体分裂装置は、FtsZ リングを基盤として内包膜、外包膜、細胞質のそれぞれで形成されるリング構造が多重化したものであり、それらの協調した収縮によって色素体分裂が達成される(文献、)。モデル植物シロイヌナズナでは、これまでにストロマ因子である FtsZ、MinD (ARC11)、MinE (ARC12)、内包膜貫通タンパク質の ARC6、ARC3、MCD1、PARC6、外包膜貫通タンパク質の PDV1、PDV2、細胞質因子である DRP5B (ARC5) など、約 20 種類のタンパク質が葉緑体分裂に関わっていることが明らかになっている(文献)。これらのうち、MinD、MinE、ARC3、MCD1 は FtsZ リング形成の位置決定に重要である。ARC6 は FtsZ リングを内包膜面上に繋ぎ止め、葉緑体分裂装置の形成と分裂狭窄の進行に必須の役割を果たす。

従来、色素体分裂の制御は植物個体の全ての色素体に共通するものと仮定されてきた。しかし、約 15 年前、シロイヌナズナの 3 つの核コード FtsZ 遺伝子のノックアウト変異体(*ftsZ* 変異体)では、調べられた限り葉肉細胞に 1 個から数個の葉緑体が存在しており、植物体は実験室内で正常に生育することが報告された(文献)。このことは、分裂装置の破壊にも関わらず、色素体は何らかの方法で細胞の増殖速度に打ち克って引き継がれることを意味している。他方、葉緑体分裂制御は 1 枚の葉の中でも組織によって異なることがこれまでの研究代表者や研究分担者の研究によって示唆されている。以上の状況のもと、葉緑体研究で通例用いられる葉肉組織以外の解析からも新規の知見が得られることが期待されている。

2. 研究の目的

研究代表者は、過去 10 年以上に渡って植物生体中の色素体形態・増殖解析に取り組み、シロイヌナズナの花粉栄養細胞(科学研究費・基盤研究(C)、2013 年度採択課題)と気孔孔辺細胞の発生過程(文献、)が細胞分裂時の色素体増殖・分配解析に有用である可能性に気がついた。この 2 つの解析系は、以下の特徴を持つ。(1)花粉母細胞は減数分裂を行い、非光合成色素体(原色素体)を均等なサイズの四分子に分配する。(2)孔辺母細胞は体細胞分裂(等分裂)を行い、葉緑体を一對の孔辺細胞に分配する(図2)。

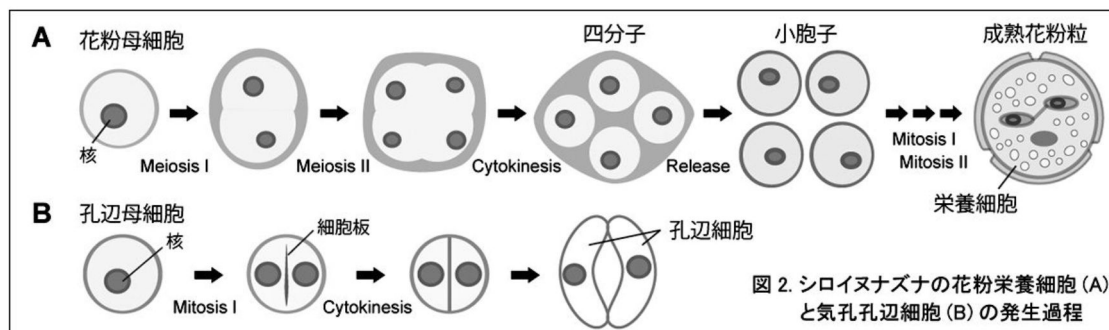


図2. シロイヌナズナの花粉栄養細胞(A)と気孔孔辺細胞(B)の発生過程

植物の細胞分裂時の色素体分配制御については、過去に透過型電子顕微鏡観察による解析や葉肉プロトプラスト培養系を用いた解析が存在するものの、未だに不明な点が多い。本課題の花粉および気孔を対象とした実験系は、シロイヌナズナの変異体リソースと生体観察の組み合わせによる未開拓の内容である。以上の背景のもと、本研究は令和元年度から 5 年間(当初の 4 年間の計画から変更)実施されたものである。

3. 研究の方法

(1) 花粉発生時の色素体の解析

シロイヌナズナ野生型(Col)、*ftsZ*変異体、*parc6*変異体にストロマ局在性蛍光タンパク質の発現コンストラクト(*ACT1 promoter::transit peptide (TP)-GFP*)を導入した形質転換系統を用い、花粉母細胞の原色素体の観察を行った。また、花粉母細胞の減数分裂前後を対象として細胞の超微細構造を受託解析により調べた。

(2) 気孔発生時の色素体の解析

成熟孔辺細胞における色素体の観察

シロイヌナズナ野生型アクセッション(Col, Ler, Ws) 培養条件(土とMS寒天培地) 葉位、組織(葉柄向軸面と葉身背軸面) 気孔密度(*er*変異の有無) ストロマ局在性蛍光タンパク質の発現(発現の有無) 葉緑体発達異常(*egy1*変異の有無)の7項目に関して、成熟孔辺細胞の葉緑体の数と形態を蛍光顕微鏡観察により調べた。

葉緑体分裂異常変異体の成熟孔辺細胞における色素体の観察

上記の検討の結果をもとに、葉緑体分裂異常変異体群の包括的な観察を行った。オリジナルの変異体(*arc3*, *arc5*, *arc6*, *minD*, *minE*, *mcd1*, *parc6*, *ftsZ*)およびストロマ局在性蛍光タンパク質の発現コンストラクト(*CaMV35S promoter::TP-FP*)を導入した形質転換系統(*arc3*, *arc6*, *mcd1*, *parc6*, *ftsZ*)を用いて、第3,4葉の成熟孔辺細胞の観察を行った。

葉緑体分裂異常変異体の孔辺母細胞と初期孔辺細胞における色素体の観察

葉表皮でTP-GFPを発現するコンストラクト(*PDF1 promoter::TP-GFP*)を有する野生型(Col)、*mcd1*変異体、*ftsZ*変異体を用い、MS寒天培地で育てた実生を対象に上記と同様の観察を行った。

4. 研究成果

(1) 花粉発生時の色素体の解析

先行研究により、花粉色素体の増殖には葉緑体分裂位置制御因子 *PARC6* が重要であり、*parc6*変異体と *ftsZ*変異体は同様の花粉色素体表現型を示すことが研究代表者らによって示唆されていた。*parc6*変異体の花粉母細胞を観察したところ、*parc6*の原色素体は細胞核の隣接部位にブドウ様の凝集構造を形成することを見出した。以前、*minE*や *arc6*、*parc6*といった重度の葉緑体分裂異常変異体では、葉の表皮細胞やトライコーム細胞でブドウ様の色素体凝集が形成されることが観察されていた(文献、)。今回、原色素体に対しても同様の現象が起こることが初めて示された。

花粉減数分裂時の色素体の形態と細胞内局在を透過型電子顕微鏡解析により調べた。花粉減数分裂の第一分裂では、細胞の中央にオルガネラバンドと呼ばれる細胞質オルガネラの集積が生じる。*ftsZ*変異体と *parc6*変異体を用いて解析を試みたところ、*parc6*の試料でオルガネラバンドおよび原色素体の形態の情報を取得することができた。これより原色素体の増殖異常時もオルガネラバンド形成自体は阻害されないことが示唆された。

以上の結果から、色素体分裂装置が破壊された状況でも、花粉母細胞の原色素体は細胞内にブドウ様のクラスターを形成して増殖可能であることが示唆された。

(2) 気孔発生時の色素体の解析

成熟孔辺細胞における色素体の観察

シロイヌナズナの野生型アクセッション、培養条件、葉位、組織、気孔密度、ストロマ蛍光タンパク質発現の計7項目(上記の3(2)を参照)に関して、約数千の成熟孔辺細胞を調査した。その結果、孔辺細胞の葉緑体は植物の培養条件、気孔密度、ストロマの蛍光タンパク質の蓄積などに関わらず安定した細胞内数と分配傾向を示すこと、葉柄向軸面では葉身背軸面と比べて一細胞あたりの葉緑体数は平均して約1個分多いことが示された。また、*Ler*ではColやWsと比べて一細胞あたりの葉緑体数が約1個分多くなった。一対の孔辺細胞間で葉緑体数を比較したところ、ほぼ同数(均等分配)の傾向が示された。しかし、稀に両者の間で葉緑体数に不均衡が生じ、葉緑体が少ない孔辺細胞ではしばしば葉緑体の巨大化が観察された(文献)。

重イオンビーム照射で得られた葉緑体形成異常変異体(*egy1*変異体)を用いて孔辺細胞を観察したところ、葉緑体の数と分配は野生型と同様であった。これより孔辺細胞における葉緑体の分化と増殖・分配は独立に制御されていることが推測された(文献)。

葉緑体分裂異常変異体の成熟孔辺細胞における色素体の観察

葉緑体分裂位置異常変異体 *arc3*、*minD* (*arc11*)、*mcd1*を用いて、孔辺細胞の葉緑体数と形態を調べた。三者は、葉肉細胞では野生型と比べて顕著な葉緑体数の減少を示し(野生型:68-121個 変異体:11-29個) それらの葉緑体サイズも大小様々である。意外にも変異体の孔辺細胞の葉緑体は、細胞内で野生型並または大小様々な葉緑体集団を形成する一方、野生型と同数であることが判明した。

arc5、*arc6*、*minE* (*arc12*)、*ftsZ*に関して同様の調査を行った。一細胞あたりの葉緑体数の比較の結果、やはり葉肉細胞と異なる葉緑体増殖表現型が明らかとなった。特に孔辺細胞では葉緑体欠失の頻度が葉緑体分裂阻害の重篤度を反映していることが推測された。

葉緑体分裂異常変異体の孔辺母細胞と初期孔辺細胞における色素体の観察

mcd1 変異体と *ftsZ* 変異体を色素体分裂異常変異体の代表として孔辺母細胞および初期孔辺細胞の色素体を解析した。その結果、*mcd1* 変異体の孔辺母細胞中の葉緑体数は野生型の葉緑体数と同数であった。葉緑体は非対称的なダンベル型やマルチアレイ型を呈していた。一方、*ftsZ* 変異体ではごく少数の葉緑体を持つ細胞以外に非光合成色素体を持つものも存在した。成熟孔辺細胞と孔辺母細胞の葉緑体数の比較より、FtsZ 遺伝子を完全に欠損しても、細胞分裂時および細胞成熟過程で葉緑体は増殖可能であることが示唆された。さらに、葉緑体を欠失した孔辺細胞でも最低 1 個の色素体は存在することが示された。

これまで細胞増殖時に焦点を当てたシロイヌナズナの色素体分裂異常変異体の研究知見はほとんど存在しなかった。本研究課題により今後の研究に有用な基礎データがいくつか得られた。今後、本テーマに関する分子および細胞レベルの理解が進展することが期待される。

<引用文献>

- Yoshida et al. (2006) Isolated chloroplast division machinery can actively constrict after stretching. *Science* 313: 1435-1438.
- Osteryoung KW, Pyke KA (2014) Division and dynamic morphology of plastids. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65: 443-472.
- Schmitz et al. (2009) *Arabidopsis* FtsZ2-1 and FtsZ2-2 are functionally redundant, but FtsZ-based plastid division is not essential for chloroplast partitioning or plant growth and development. *Mol. Plant* 2:1211-1222.
- Fujiwara et al. (2018) The *Arabidopsis* *arc5* and *arc6* mutations differentially affect plastid morphology in pavement and guard cells in the leaf epidermis. *PLoS ONE* 13:e0192380.
- Fujiwara et al. (2019) *Arabidopsis thaliana* leaf epidermal guard cells: a model for studying chloroplast proliferation and partitioning in plants. *Front. Plant Sci.* 10:1403.
- Fujiwara et al. (2015) The *Arabidopsis* *minE* mutation causes new plastid and FtsZ1 localization phenotypes in the leaf epidermis. *Front. Plant Sci.* 6:823.
- Ishikawa et al. (2020) *Arabidopsis* PARC6 is critical for plastid morphogenesis in pavement, trichome, and guard cells in leaf epidermis. *Front. Plant Sci.* 10:1665.
- Sanjaya et al. (2021) *Arabidopsis* *EGY1* is critical for chloroplast development in leaf epidermal guard cells. *Plants* 10:1254.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Fujiwara MT, Yoshioka Y, Kazama Y, Hirano T, Niwa Y, Moriyama T, Sato N, Abe T, Yoshida S, Itoh RD	4. 巻 (in press)
2. 論文標題 Principles of amyloplast replication in the ovule integuments of Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Plant Physiology	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) なし	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 Matsuoka K, Kubotera H, Miyazaki R, Moriyama S, Fujiwara MT, Itoh RD	4. 巻 15
2. 論文標題 The <i>tgd5</i> mutation affects plastid structure and causes giant lipid droplet formation in trichomes of Arabidopsis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Plant Biology	6. 最初と最後の頁 46-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijpb15010004	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 Yamagishi A, Egoshi Y, Fujiwara MT, Suzuki N, Taniguchi T, Itoh RD, Suzuki Y, Masuyama Y, Monde K, Usuki T	4. 巻 29
2. 論文標題 Total synthesis, absolute configuration, and phytotoxic activity of foeniculoxin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202203396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202203396	査読の有無 有
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 Sanjaya A, Muramatsu R, Sato S, Suzuki M, Sasaki S, Ishikawa H, Fujii Y, Asano M, Itoh R, Kanamaru K, Ohbu S, Abe T, Kazama Y, Fujiwara M	4. 巻 54
2. 論文標題 Argon-ion-induced mutations in Arabidopsis EGY1 gene affect chloroplast development in leaf guard cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RIKEN Accelerator Progress Report	6. 最初と最後の頁 178
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 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 Itoh RD, Nakajima KP, Sasaki S, Ishikawa H, Kazama Y, Abe T, Fujiwara MT	4. 巻 107
2. 論文標題 TGD5 is required for normal morphogenesis of non-mesophyll plastids, but not mesophyll chloroplasts, in Arabidopsis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Journal	6. 最初と最後の頁 237-255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.15287	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 Sanjaya A, Kazama Y, Ishii K, Muramatsu R, Kanamaru K, Ohbu S, Abe T, Fujiwara MT	4. 巻 10
2. 論文標題 An argon-ion-induced pale green mutant of Arabidopsis exhibiting rapid disassembly of mesophyll chloroplast grana	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants10050848	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 Sanjaya A, Muramatsu R, Sato S, Suzuki M, Sasaki S, Ishikawa H, Fujii Y, Asano M, Itoh RD, Kanamaru K, Ohbu S, Abe T, Fujiwara MT	4. 巻 10
2. 論文標題 Arabidopsis EGY1 is critical for chloroplast development in leaf epidermal guard cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 1254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants10061254	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 Sanjaya A, Kazama Y, Ishii K, Ohbu S, Abe T, Fujiwara M	4. 巻 54
2. 論文標題 Argon-ion-induced mutant of Arabidopsis thaliana exhibiting accelerated Leaf Chlorosis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RIKEN Accelerator Progress Report	6. 最初と最後の頁 178
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 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 Ishikawa H, Yasuzawa M, Koike N, Sanjaya A, Moriyama S, Nishizawa A, Matsuoka K, Sasaki S, Kazama Y, Hayashi Y, Abe T, Fujiwara MT, Itoh RD	4. 巻 10
2. 論文標題 Arabidopsis PARC6 Is critical for plastid morphogenesis in pavement, trichome, and guard cells in leaf epidermis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2019.01665	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 Fujiwara MT, Sanjaya A, Itoh RD	4. 巻 10
2. 論文標題 Arabidopsis thaliana leaf epidermal guard cells: A model for studying chloroplast proliferation and partitioning in plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2019.01403	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 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 鈴木伸洋, 清水梨緒, 仲戸川梨来, 森實郁太, 浅野真, 松本綾奈, 藤原誠, 田中邦翁, 神澤信行
2. 発表標題 短時間の熱処理または酸素プラズマ照射によるシロイヌナズナおよびコマツナの熱ストレス耐性向上
3. 学会等名 園芸学会 令和6年度春季大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 藤原誠, 小林永実, 河野杏奈, 金澤美加子, 平野智也, 阿部知子, 伊藤竜一
2. 発表標題 オオカナダモの異型細胞形成の研究:細胞小器官の構造について
3. 学会等名 日本生物教育学会第108回全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 宮崎梨菜, 窪園雅人, 鈴木麻央, 佐藤志保, 石川浩樹, 佐々木駿, 風間裕介, 阿部知子, 伊藤竜一, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナの孔辺細胞形成時における葉緑体の増殖と分配
3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2023年度支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 何川遥香, 矢野由磨, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナ葉緑体分裂異常変異体における表皮細胞の葉緑体欠失
3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2023年度支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤井優紀, Sanjaya Alvin, 風間裕介, 阿部知子, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナの表皮葉緑体核様体の簡易観察法
3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2023年度支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤原誠, 矢野由磨, 浅野優衣, 宮崎梨菜, 篠原万由子, 村松亮輔, サンジャヤ アルビン, 小池菜奈, 吉野彩花, 安澤愛, 名護しほ, 風間裕介, 阿部知子, 伊藤竜一
2. 発表標題 シロイヌナズナ葉緑体分裂異常変異体における孔辺細胞葉緑体の増殖・形態解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤原誠, 原拓也, 大坪昂平, 小林永実, 金澤美加子, 和田(篠塚)舞, 植竹祥子, 大谷友佑, 熊田翔吾, 阿部知子, 伊藤竜一
2. 発表標題 オオカナダモの異型細胞形成の研究: 葉面における分布パターンについて
3. 学会等名 日本生物教育学会第107回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高野真尋, 寺崎香菜子, 宮崎朝花, 玉谷亘, 川口真理, 白杵豊展, 笹川展幸, 平野智也, 風間裕介, 阿部知子, 藤原誠
2. 発表標題 オオカナダモの異型細胞形成の研究: プロトプラスト単離法の開発について
3. 学会等名 日本生物教育学会第107回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 篠原万由子, 宮崎梨菜, サンジャヤ アルピン, 村松亮輔, 安澤愛, 名護しほ, 伊藤竜一, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナの葉緑体分裂位置異常変異体における孔辺細胞葉緑体の表現型解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎梨菜, 名護しほ, 窪園雅人, 村松亮輔, 伊藤竜一, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナの気孔形成過程における葉緑体の増殖・分配解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村松亮輔, 山田真誼, サンジャヤ アルピン, 安澤愛, 吉野彩花, 伊藤竜一, 藤原誠
2. 発表標題 シロイヌナズナにおける気孔孔辺細胞の葉緑体数の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sanjaya A, Muramatsu R, Sato S, Suzuki M, Ishikawa H, Sasaki S, Ishii K, Ohbu S, Abe T, Kazama Y, Fujiwara M
2. 発表標題 An argon ion-induced pale green mutant of Arabidopsis exhibiting epidermis-specific albinism and accelerated leaf senescence
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤竜一, 中島耕大, 名護しほ, 吉川忠希, 藤原誠
2. 発表標題 ストロミュールを過剰形成するシロイヌナズナ変異体suba1の単離と解析
3. 学会等名 日本植物形態学会第31回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名護しほ, 森山彰太, 小池菜奈, 藤原誠, 伊藤竜一
2. 発表標題 シロイヌナズナ葉緑体分裂変異体における非光合成色素体および孔辺細胞葉緑体の形態
3. 学会等名 日本植物形態学会第31回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片野和馬, 大井崇生, 藤原誠, 鈴木伸洋
2. 発表標題 高温条件下におけるシロイヌナズナ生殖器官の形態変化
3. 学会等名 日本植物形態学会第31回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap https://researchmap.jp/read0206818
--

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	伊藤 竜一 (Itoh Ryuichi) (50322681)	琉球大学・理学部・准教授 (18001)	

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
---------	---------