

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03284

研究課題名(和文)植物の細胞リプログラミングを制御する分子機構の解明

研究課題名(英文)Molecular mechanism of cellular reprogramming in plants

研究代表者

杉本 慶子 (Sugimoto, Keiko)

国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー

研究者番号：30455349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：傷害ストレスは細胞リプログラミングを誘導し、器官再生を促進するが、その分子機構は断片的にしか理解されていない。本研究では傷害応答性の細胞リプログラミングを制御する転写制御機構の解明を進めることを目的とした。まず、組織培養系を用いて細胞リプログラミングに関与する傷害シグナル受容後初期の転写制御ネットワークの一部を明らかにした。また、こうした傷害誘導性の転写ネットワークがSUMO化を介した翻訳後修飾機構によって負に制御されることが分かった。さらに、葉肉プロトプラストの培養系を用いてこれらの制御因子の最終分化細胞からのリプログラミングにも関与することを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CRISPR-Cas9法等のゲノム編集技術が急速に発展するなかでも、多くの有用植物において形質転換後の再生効率の低さが品質向上技術確立の大きなボトルネックになっている。本研究は細胞リプログラミングの新たな制御機構を明らかにするものであり、再生しにくい植物の再生効率を向上させるための分子組織培養法の確立に貢献することが期待される。また、分化した植物体細胞のリプログラミングを定量的に評価する実験系を始めて立ち上げたことで、分化細胞からのリプログラミングを制御する分子機構を解明することを可能にした点に本研究の学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)：Wounding stress induces cellular reprogramming in regeneration but the molecular mechanisms underlying this control remain largely unknown. In this study we aimed at uncovering the transcriptional mechanisms that regulate wound-induced cellular reprogramming in plants. Using the Arabidopsis tissue culture system, we revealed the early transcriptional cascade activated by wounding. We also showed that the activity of this early transcriptional network is regulated by SUMO-mediated post-translational mechanisms. Using the Arabidopsis mesophyll protoplast system, we also demonstrated that the part of the wound-induced transcriptional cascade is also required for the reprogramming from differentiated plant cells.

研究分野：植物生理学

キーワード：細胞リプログラミング 器官再生 植物ホルモン ストレス応答 シロイヌナズナ

1. 研究開始当初の背景

傷害などの環境刺激によって誘導される細胞リプログラミングは、藻類からコケ植物、高等植物にいたるまで広い植物種にみられる。しかし、こうした物理的なストレス刺激がどのように細胞の分化状態を塗り替え、リプログラミングを誘導するのかは断片的にしか理解されていなかった。細胞の分化状態をリプログラムするためには大規模な遺伝子発現変動が必要であるため、私たちは植物が傷害ストレスを受容し、転写レベルの変化を引き起こす分子機構に注目して研究を進めてきた。先行研究では、傷害を付与した直後に傷口付近の細胞で特異的に発現し、リプログラミングを促進する WOUND INDUCED DEDIFFERENTIATION 1 (WIND1) 転写因子を発見し、WIND1 の下流標的遺伝子の同定を通して、傷害シグナル受容後初期に発動する転写制御ネットワークを解明してきた。また傷害直後の遺伝子発現変化を解析するなかで、初期発現する 3000 個余りの遺伝子のうち 1/3 以上の遺伝子が高温ストレスによっても誘導されることを見だし、高温ストレス応答に関与する転写制御ネットワークが傷害応答性の遺伝子発現制御にも関与するという仮説を立てた。

一方、シロイヌナズナの組織培養を用いたこれまでの研究では、体細胞が茎葉を再生する能力を獲得するかどうかを一つの指標として細胞リプログラミングの解析が行われてきたが、こうした組織培養条件下での器官再生には比較的未分化な細胞のリプログラミングを伴うことが分かりつつあった。そこで私たちはより高度に分化した細胞からのリプログラミングを解析する新たな実験系が必要であると考え、最終分化した葉肉細胞から酵素処理によってプロトプラストを単離後、オーキシンとサイトカイニンを添加して培養することで細胞リプログラミングを誘導する実験系を確立した。

2. 研究の目的

本研究では傷害応答性の細胞リプログラミングを制御する分子機構の解明を進めることを目的とした。私たちの先行研究から、傷害ストレスが高温ストレスと一部共通した遺伝子発現変化を起こすことが明らかになったことから、本研究ではまず「高温ストレス応答に関与する転写因子群が傷害ストレスによって引き起こされる遺伝子発現変動を制御することで細胞リプログラミングを誘導する」という仮説の検証を目指した。また、新しく立ち上げた葉肉プロトプラストの実験系を用いて、最終分化細胞からのリプログラミングを制御する機構の解明に着手した。

3. 研究の方法

最初に、従来の植物再生研究に用いられてきたシロイヌナズナの組織培養系を用いて傷害シグナル受容後初期の転写制御ネットワークの解明を目指した。高温ストレス応答に関与する転写因子の変異体や過剰発現体を用いて傷害応答性の細胞リプログラミングの表現型を解析し、顕著なリプログラミング異常を起こした因子については、RNAseq 及びクロマチン免疫沈降 (chromatin immunoprecipitation, ChIP) seq 解析を行なって下流遺伝子の同定を進めた。また、注目した転写因子自身は非ストレス条件下でも細胞内に存在し、その活性が主に翻訳後修飾によって制御されることが予測されたため、その仕組みの解明を進めた。タンパク質の SUMO 化は高温や乾燥など様々なストレスに対する応答に関与することが報告されていたが、傷害応答に関与するかどうかは知られていなかった。転写因子が SUMO 化されることでその活性が変化する例が報告されていたことから、シロイヌナズナの SUMO 化酵素 SIZ1 が傷害応答に関与するかどうかを検討した。さらに、組織培養系で同定した制御因子がより分化の進んだ細胞のリプログラミングにも機能するかどうかを葉肉プロトプラストの実験系を用いて検証した。

4. 研究成果

(1) 傷害後初期の遺伝子発現を制御する転写ネットワークの解析

シロイヌナズナの胚軸切片を用いた組織培養実験から、高温ストレス応答に関与する転写因子の変異体では細胞リプログラミング不全が起き、野生型に比べて茎葉再生の効率が低下すること、逆にこの転写因子の過剰発現体では茎葉再生が亢進することを見出した (Coleman et al., 投稿準備中)。

そこで次に RNAseq を用いた遺伝子発現解析を行い、この転写因子依存的に傷害によって誘導される下流遺伝子を探索した。この転写制御機構は傷害誘導後早い時期に作動すると考えられるため、野生型と変異体に傷害ストレスを与えた後、1 時間から 24 時間までに RNA を抽出し、遺伝子発現の変化を経時的に解析した。またこの転写因子にタグをつけた植物体を作成して ChIPseq 解析を行い、傷害によって発現変動する遺伝子のなかから注目する転写因子が直接結合

し、発現を制御する遺伝子を絞り込んだ。

これらの解析から、この転写因子が幹細胞化に関与する遺伝子群を直接誘導することが見えてきたため、さらにゲルシフトアッセイによって実際の結合配列を同定した。また、この転写制御関係を遺伝学的に検証した。上流転写因子の過剰発現体に下流因子の機能欠損体を掛け合わせると、過剰発現体の茎葉再生が亢進するという表現型が下流因子の機能欠損によって軽減することが分かった。また逆に上流転写因子の機能欠損体に下流因子の過剰発現体を掛け合わせたところ、表現型が一部回復することも判明した。

これらの結果は、傷害によって活性化する上流転写因子が幹細胞化の主要因子を誘導するという転写制御関係を支持するものであった。研究終了までに論文投稿の準備を進めた。

(2) タンパク質の SUMO 化を介した翻訳後修飾による細胞リプログラミング制御の解析

シロイヌナズナの主要な SUMO 化酵素である SIZ1 の変異体 *siz1-3* を組織培養条件下で培養したところ、野生型に比べて茎葉再生効率が顕著に上昇したことから、SIZ1 が細胞リプログラミングを負に制御することが判明した (図 1、Coleman et al., Plant Physiol 2020)。

次に *siz1* 変異がどのような遺伝子発現異常を引き起こすのかを RNAseq によって解析したところ、傷害直後 15 分以内に 1375 個の遺伝子の発現が野生型と比較して高くなっていった。このうちのおよそ 40% に当たる 561 個の遺伝子は傷害によって誘導される遺伝子であること、またさらにこの中の 404 個の遺伝子に関しては傷害後のみ野生型との間に発現量の差が見られることから、*siz1* 変異体が傷害に対して過剰に応答していることが予想された。この仮説を検証するために、傷害によって誘導されるカルス形成を野生型と *siz1-3* 変異体の下胚軸で比較したところ、*siz1-3* の方がカルスを形成しやすいことが分かった。この結果は、SIZ1 が傷害によって誘導される遺伝子発現に対して抑制的に働くという仮説を支持するものであった。

siz1-3 変異体で発現が上昇している遺伝子の中には、植物のストレス応答に関与するサリチル酸やジャスモン酸、アブシジン酸によって誘導される遺伝子が有意に濃縮していた。しかし、*siz1-3* 変異体にバクテリア由来のサリチル酸分解酵素 *NahG* を導入して内在性のサリチル酸量を減少させても茎葉再生の表現型には変化が見られなかったことから、少なくともサリチル酸の蓄積は *siz1-3* 変異体の表現型には関係しないことが判明した。

さらに、傷害によって誘導され、細胞リプログラミングを促進することが知られている転写因子の発現を野生型と *siz1-3* 変異体で比較したところ、*WIND1*、*WIND2* 遺伝子の発現が *siz1-3* 変異体で亢進していた。これらの遺伝子の発現上昇も *NahG* の導入によって打ち消されないことから、サリチル酸非依存的に起きていると予想された。

WIND1 遺伝子の発現上昇が *siz1-3* 変異体の表現型の原因となっているかどうかを調べるために、*siz1-3* 変異体にドミナントネガティブ型の *WIND1* (*WIND1-SRDX*) を導入したところ、*siz1-3 WIND1-SRDX* 変異体では部分的に茎葉再生の表現型が抑制された (図 1)。これらの結果から、*siz1-3* 変異体に見られる茎葉再生が亢進するという表現型は、*WIND1* 遺伝子の過剰な発現で部分的に説明されることが分かった。

(1) で解析した転写制御因子の下流には *WIND1* 遺伝子も存在するため、SIZ1 がこの転写因子を SUMO 化することで間接的に *WIND1* 遺伝子の発現量に影響を与えている可能性が考えられた。そこでこの可能性を SUMO ペプチドに対する抗体を用いたウェスタンブロッティングによって検討した。

(3) 分化細胞からの細胞リプログラミングを制御する機構の解析

(1) で解析した転写制御経路が高度に分化した細胞からのリプログラミングにも関与するかどうかを葉肉プロトプラストの実験系を用いて検討したところ、いくつかの転写因子の機能欠損体ではリプログラミング効率が著しく低下することが分かった (Sakamoto et al., 未発表)。この結果は、分化した細胞のリプログラミングにも傷害誘導性の転写経路が関与することを示唆するものであった。

私たちの先行研究から傷害に応答した遺伝子発現誘導にはヒストンのアセチル化が関与することが分かっていたが、薬剤実験やアセチル基転移酵素の変異体解析から、葉肉プロトプラストのリプログラミングにもアセチル化が必要であることが分かった (図 2、Sakamoto et al., Plant Cell 2022)。そこでプロトプラスト培養中に GNAT/MYST 型のヒストンアセチル化酵素を阻害する

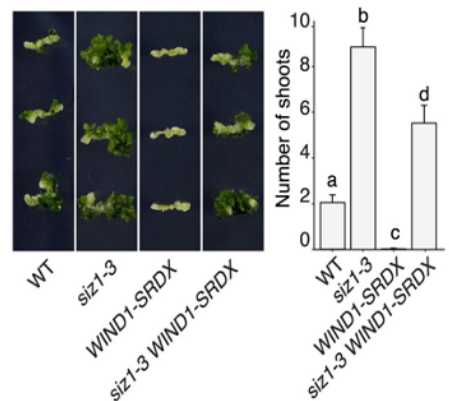


図 1 SUMO 化酵素 SIZ1 の変異体 *siz1-3* では、野生型に比べて傷害応答性の遺伝子発現が亢進した結果、茎葉再生が促進される。傷害直後の *WIND1* 遺伝子の発現も野生型より高くなっており、ドミナントネガティブ型の *WIND1* (*WIND1-SRDX*) を導入することで、表現型が緩和する。

薬剤を投与して RNAseq 解析を行い、アセチル化の制御を受ける遺伝子を網羅的に探索した。この結果、ヒストンのアセチル化は葉肉プロトプラストのリプログラミング中に起こる 535 個の遺伝子の発現上昇に必要であることが分かった。

これらの 535 個の遺伝子にどのような機能を持つものが含まれているのかを調べたところ、オーキシン合成に関与する酵素である *YUCCA* (*YUC*) 遺伝子のホモログが多く含まれていることが判明した。そこで次にオーキシン合成の阻害剤や *yuc* 多重変異の影響を調べたところ、葉肉プロトプラストの培養開始直後 4 日以内にオーキシン合成が阻害されると、リプログラミングがほとんど起きなくなることが分かった。また、ヒストンアセチル化を介した *YUC1* 遺伝子の発現誘導には、細胞リプログラミングを促進することの知られている *PLETHORA* (*PLT*) 転写因子が関与することも分かった (図 2)。

次に、オーキシン合成がどのように細胞分裂の再開に関わるのかを調査した。オーキシン合成の阻害剤を投与した条件下で RNAseq 解析を行ったところ、*D-type CYCLIN* や *MINICHROMOSOME MAINTENANCE 3 (MCM3)* をはじめとする G1/S 期の進行に関わる遺伝子群の発現はほとんど影響を受けないのに対し、*B-type CYCLIN* や *B-type CYCLIN-DEPENDENT KINASE* など G2/M 期の進行を制御する遺伝子の発現がオーキシン合成に依存することが分かった。そこで、G2/M 期遺伝子の発現を網羅的に制御する *MYB3R* 転写因子の発現量を調べたところ、*MYB3R4* 遺伝子の発現にオーキシン合成が必要であることが分かった。また、*myb3r4* 単独変異体ではリプログラミングの表現型が確認できなかったが、そのホモログ *MYB3R1* との 2 重変異体 *myb3r1 myb3r4* では細胞分裂の再開に重篤な表現型があることが分かった (図 2)。

これらの結果をまとめて、分化細胞がリプログラミングする際の細胞分裂の再開を制御する分子機構のモデルを提唱した (図 2)。本研究から傷害によって誘導される転写経路が分化レベルの異なる細胞からのリプログラミングに広く機能すること、また既に細胞増殖を終了した分化細胞からのリプログラミングには、これに加えて細胞内のオーキシン量を増加させるという経路が必要であることが明らかになった。

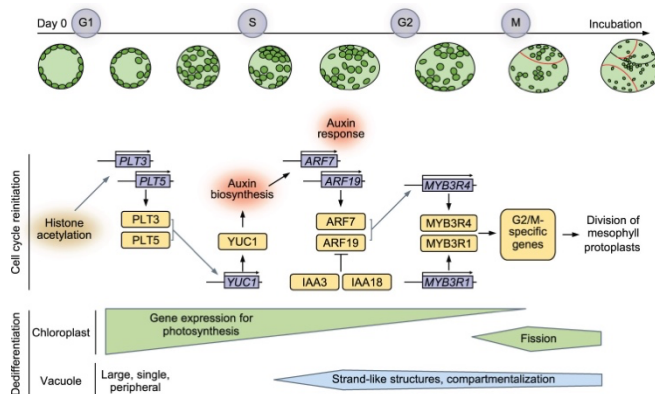


図 2 分化した植物細胞が分裂を再開するまでの分子経路モデル。培養開始直後のヒストンのアセチル化によって *PLT* 転写因子の発現が上昇し、オーキシン合成酵素 *YUC1* が誘導される。細胞内でオーキシン合成が進むことでオーキシンの応答性が上がり、*ARF* 転写因子の発現が上昇した結果、細胞周期の G2/M の進行を促進する *MYB3R4* 転写因子の発現が誘導される。*MYB3R4* 転写因子の働きによって G2/M の進行に必要な遺伝子が発現し、最初の細胞質分裂が完了する (Sakamoto et al., Plant Cell 2022 より転載)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Takatsuka Hirotomo, Sasaki Anna, Takahashi Naoki, Shibata Michitaro, Sugimoto Keiko, Tanaka Maho, Seki Motoaki, Umeda Masaaki	4. 巻 13 March
2. 論文標題 Cytokinin signalling promotes root hair growth by directly regulating RSL4 expression.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Botany	6. 最初と最後の頁 erad091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/erad091	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 Hung Fu-Yu, Feng Yun-Ru, Hsin Kuan-Ting, Shih Yuan-Hsin, Chang Chung-Han, Zhong Wenjian, Lai You-Cheng, Xu Yingchao, Yang Songguang, Sugimoto Keiko, Cheng Yi-Sheng, Wu Keqiang	4. 巻 6
2. 論文標題 Arabidopsis histone H3 lysine 9 methyltransferases KYP/SUVH5/6 are involved in leaf development by interacting with AS1-AS2 to repress KNAT1 and KNAT2	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 219 (2023)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-023-04607-6	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 該当する
1. 著者名 Morinaka Hatsune, Coleman Duncan, Sugimoto Keiko, Iwase Akira	4. 巻 64
2. 論文標題 Molecular Mechanisms of Plant Regeneration from Differentiated Cells: Approaches from Historical Tissue Culture Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 297 ~ 304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcac172	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 Takatsuka Hirotomo, Nomoto Yuji, Yamada Kesuke, Mineta Keito, Breuer Christian, Ishida Takashi, Yamagami Ayumi, Sugimoto Keiko, Nakano Takeshi, Ito Masaki	4. 巻 online
2. 論文標題 MYB3R-SCL28-SMR module with a role in cell size control negatively regulates G2 progression in Arabidopsis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2022.2153209	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 Takatsuka Hiroto, Nomoto Yuji, Yamada Kesuke, Mineta Keito, Breuer Christian, Ishida Takashi, Yamagami Ayumi, Sugimoto Keiko, Nakano Takeshi, Ito Masaki	4. 巻 online 28 Dec
2. 論文標題 MYB3R-SCL28-SMR module with a role in cell size control negatively regulates G2 progression in Arabidopsis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2022.2153209	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 Tanaka Hayato, Hashimoto Naoki, Kawai Satomi, Yumoto Emi, Shibata Kyomi, Tameshige Toshiaki, Yamamoto Yuma, Sugimoto Keiko, Asahina Masashi, Ikeuchi Momoko	4. 巻 64
2. 論文標題 Auxin-Induced WUSCHEL-RELATED HOMEBOX13 Mediates Asymmetric Activity of Callus Formation upon Cutting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 305~316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcac146	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 Sakamoto Yuki, Kawamura Ayako, Suzuki Takamasa, Segami Shoji, Maeshima Masayoshi, Polyn Stefanie, De Veylder Lieven, Sugimoto Keiko	4. 巻 34
2. 論文標題 Transcriptional activation of auxin biosynthesis drives developmental reprogramming of differentiated cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 4348~4365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koac218	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 該当する

1. 著者名 Shibata Michitaro, Favero David S., Takebayashi Ryu, Takebayashi Arika, Kawamura Ayako, Rymen Bart, Hosokawa Yoichiroh, Sugimoto Keiko	4. 巻 235
2. 論文標題 Trihelix transcription factors GTL1 and DF1 prevent aberrant root hair formation in an excess nutrient condition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1426~1441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.18255	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 Meteignier Louis-Valentin, Lecampion Cecile, Velay Florent, Vriet Cecile, Dimnet Laura, Rougee Martin, Breuer Christian, Soubigou-Taconnat Ludivine, Sugimoto Keiko, Barneche Fredy, Laloi Christophe	4. 巻 119
2. 論文標題 Topoisomerase VI participates in an insulator-like function that prevents H3K9me2 spreading	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2001290119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2001290119	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 該当する

1. 著者名 Nomoto Yuji, Takatsuka Hiroto, Yamada Kesuke, Suzuki Toshiya, Suzuki Takamasa, Huang Ying, Latrasse David, An Jing, Gombos Magdolna, Breuer Christian, Ishida Takashi, Maeo Kenichiro, Imamura Miyu, Yamashino Takafumi, Sugimoto Keiko, Magyar Zoltan, Bagre Laszlo, Raynaud Cecile, Benhamed Moussa, Ito Masaki	4. 巻 13
2. 論文標題 A hierarchical transcriptional network activates specific CDK inhibitors that regulate G2 to control cell size and number in Arabidopsis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-29316-2	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 該当する

1. 著者名 Jacques Caitlin N., Favero David S., Kawamura Ayako, Suzuki Takamasa, Sugimoto Keiko, Neff Michael M.	4. 巻 22
2. 論文標題 SUPPRESSOR OF PHYTOCHROME B-4#3 reduces the expression of PIF-activated genes and increases expression of growth repressors to regulate hypocotyl elongation in short days	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BMC Plant Biology	6. 最初と最後の頁 399 (2022)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12870-022-03737-z	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 該当する

1. 著者名 Lambolez Alice, Kawamura Ayako, Takahashi Tatsuya, Rymen Bart, Iwase Akira, Favero David S, Ikeuchi Momoko, Suzuki Takamasa, Cortijo Sandra, Jaeger Katja E, Wigge Philip A, Sugimoto Keiko	4. 巻 Feb 14
2. 論文標題 Warm temperature promotes shoot regeneration in Arabidopsis thaliana.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Cell 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) 10.1093/pcp/pcac017	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 該当する

1. 著者名 Sugimoto Keiko, Nowack Moritz K.	4. 巻 65
2. 論文標題 Plant development meets climate emergency - it's time to plant an apple tree	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 102175 ~ 102175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2022.102175	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 該当する

1. 著者名 Serivichyaswat Phanu T., Bartusch Kai, Leso Martina, Musseau Constance, Iwase Akira, Chen Yu, Sugimoto Keiko, Quint Marcel, Melnyk Charles W.	4. 巻 149
2. 論文標題 High temperature perception in leaves promotes vascular regeneration and graft formation in distant tissues	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Development	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) 10.1242/dev.200079	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 該当する

1. 著者名 Iwase A, Takebayashi A, Aoi Y, Favero DS, Watanabe S, Seo M, Kasahara H, Sugimoto K	4. 巻 in press
2. 論文標題 4-phenylbutyric acid promotes plant regeneration as an auxin by being converted to phenylacetic acid via an IBR3-independent pathway	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	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) 10.5511/plantbiotechnology.21.1224b	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 Iwase Akira, Kondo Yuki, Laohavisit Anuphon, Takebayashi Arika, Ikeuchi Momoko, Matsuoka Keita, Asahina Masashi, Mitsuda Nobutaka, Shirasu Ken, Fukuda Hiroo, Sugimoto Keiko	4. 巻 232
2. 論文標題 WIND transcription factors orchestrate wound induced callus formation, vascular reconnection and defense response in Arabidopsis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 734 ~ 752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17594	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 Roeder Adrienne H K, Otegui Marisa S, Dixit Ram, Anderson Charles T, Faulkner Christine, Zhang Yan, Harrison Maria J, Kirchhelle Charlotte, Goshima Gohta, Coate Jeremy E, Doyle Jeff J, Hamant Olivier, Sugimoto Keiko, Dolan Liam, Meyer Heather, Ehrhardt David W, Boudaoud Arezki, Messina Carlos	4. 巻 34
2. 論文標題 Fifteen compelling open questions in plant cell biology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 72 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koab225	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 該当する

1. 著者名 Morinaka Hatsune, Mamiya Akihito, Tamaki Hiroaki, Iwamoto Akitoshi, Suzuki Takamasa, Kawamura Ayako, Ikeuchi Momoko, Iwase Akira, Higashiyama Tetsuya, Sugimoto Keiko, Sugiyama Munetaka	4. 巻 62
2. 論文標題 Transcriptome Dynamics of Epidermal Reprogramming during Direct Shoot Regeneration in <i>Torenia fournieri</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1335 ~ 1354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcab101	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 Martinez Ciera C, Li Siyu, Woodhouse Margaret R, Sugimoto Keiko, Sinha Neelima R	4. 巻 33
2. 論文標題 Spatial transcriptional signatures define margin morphogenesis along the proximal-distal and medio-lateral axes in tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) leaves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 44-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koaa012	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 該当する

1. 著者名 Favero David S., Lambolez Alice, Sugimoto Keiko	4. 巻 105
2. 論文標題 Molecular pathways regulating elongation of aerial plant organs: a focus on light, the circadian clock, and temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 392 ~ 420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.14996	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 該当する

1. 著者名 Ichihashi Yasunori、Hakoyama Tsuneo、Iwase Akira、Shirasu Ken、Sugimoto Keiko、Hayashi Makoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Common Mechanisms of Developmental Reprogramming in Plants-Lessons From Regeneration, Symbiosis, and Parasitism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.01084	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 Ikeuchi Momoko、Rymen Bart、Sugimoto Keiko	4. 巻 57
2. 論文標題 How do plants transduce wound signals to induce tissue repair and organ regeneration?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 72 ~ 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2020.06.007	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 Coleman Duncan、Kawamura Ayako、Ikeuchi Momoko、Favero David S.、Lambolez Alice、Rymen Bart、Iwase Akira、Suzuki Takamasa、Sugimoto Keiko	4. 巻 184
2. 論文標題 The SUMO E3 Ligase SIZ1 Negatively Regulates Shoot Regeneration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 330 ~ 344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.20.00626	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 池内桃子、杉本慶子	4. 巻 5
2. 論文標題 傷口からの再生 : 植物の細胞リプログラミング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 遺伝 : 生物の科学	6. 最初と最後の頁 568-573
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11件(うち招待講演 9件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Epigenetic control of cellular reprogramming in plant regeneration
3. 学会等名 Cold Spring Harbor Asia Conference, Awaji (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cell reprogramming in plant regeneration
3. 学会等名 FASEB meeting, Boston, USA (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 How do plants feel the damage to protect and rebuild themselves?
3. 学会等名 EMBO workshop, Montpellier, France (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cell reprogramming in plant regeneration
3. 学会等名 Israeli Center for Genome Editing, online (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉本 慶子
2. 発表標題 植物の傷害修復応答
3. 学会等名 日本植物生理学会年会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉本 慶子
2. 発表標題 植物の環境レジリエンスを支える傷害修復機構
3. 学会等名 日本分子生物学会年会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cellular reprogramming in plant regeneration.
3. 学会等名 Triangle Plant Molecular Biology Consortium at North Carolina Biotechnology Center (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cellular reprogramming in plant regeneration.
3. 学会等名 Plant Regeneration Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cellular reprogramming in plant regeneration
3. 学会等名 Japan Society of Developmental Biologists, September 2020 online (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Control of cellular reprogramming in plant regeneration
3. 学会等名 Sainsbury Laboratory Symposium 2020 on Pluripotency in Plant Development online (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiko Sugimoto
2. 発表標題 Molecular mechanism of cellular reprogramming in plants
3. 学会等名 ASPB Plantae virtual seminar series, April 2020 online (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 植物の再生効率を向上する新技術	発明者 杉本慶子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-054721	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Cell Function Research Team
<http://cellfunction.riken.jp/>
細胞機能研究チーム
<http://cellfunction.riken.jp/index.html>

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

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