

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：82401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06472

研究課題名（和文）リプログラミングによる植物幹細胞の新生機構の解明

研究課題名（英文）Neogenesis of plant stem cells by reprogramming

研究代表者

林 誠（Hayashi, Makoto）

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：30291933

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 101,000,000円

研究成果の概要（和文）：植物に特徴的な分化細胞のリプログラミングによる幹細胞新生に着目し、マメ科の根粒形成とコケ植物苔類の杯状体形成を対象にそれらの発生の鍵となる転写因子の機能を中心に研究を進めた。その結果、側根形成と根粒形成あるいは杯状体形成と腋芽形成という、異なる器官の発生に共通した転写因子が明らかとなり、進化的に新たな器官を獲得する際に重要な制御メカニズムを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マメ科植物は根粒菌と細胞内共生することで大気中の窒素を利用し、貧栄養土壌で生育できる。また、維管束植物は腋芽を発生させることで地上部のバイオマスを格段に増大させ、環境に適応した生態系の根幹を形作る。植物の生存戦略に重要な器官の発生を制御する鍵因子を分子遺伝学的に明らかにし、その進化メカニズムを紐解いたことにより、特定の因子をターゲットにしたデザイン育種が可能となり、持続可能な開発目標に貢献できる。

研究成果の概要（英文）：We have investigated the mechanism of key transcription factors that regulate nodule formation in legumes and gemma cup formation in liverworts, focusing neogenesis of stem cells from differentiated cells, which is typical in plants. As a result, we have identified transcription factors crucial for development in a pair of distinct organs, such as lateral roots and nodules, or lateral shoots and gemma cups. Our findings indicate that co-option of a key transcription factor is important for the gain of novel organs during the evolution of plant morphology.

研究分野：植物分子・生理科学

キーワード：ゲノム 発現制御 発生・分化 植物

1. 研究開始当初の背景

多細胞植物では、単細胞から細胞分裂を繰り返して多細胞化する個体発生の初期にある限られた細胞が幹細胞として運命決定され、個体の成長を通じて維持され、器官を形づくる細胞を分化させ供給する。一方、個体発生が完了してから新たに器官が誘導されることがある。この際、分化した細胞がリプログラムされ幹細胞を新生することで、新規器官形成を可能にする。

根粒菌はマメ科植物の根に感染し、根粒器官を発生させる。根粒は柔組織・維管束細胞・感染細胞・非感染細胞などの秩序だった分化細胞群から構成され、その器官形成の初期に根の分化した皮層細胞が細胞分裂を引き起こすことで未分化な細胞群を生み出す。根粒を構成する細胞群はこれら未分化細胞に由来することから、根の皮層細胞が根粒幹細胞を新生すると考えられる。*NIN* 遺伝子は根粒形成に必要であり、根粒形成予定域のごく限られた細胞群でのみ発現が見られることから、*NIN* による転写制御の網羅的解析により、根粒形成における幹細胞新生のメカニズムを解明できると考えた。

コケ植物は陸上植物進化の基部で分岐したグループであり、植物における制御系の原型と進化を理解する上で鍵となるグループである。コケ植物苔類ゼニゴケは、光や栄養などの制御を受け、その植物体からクローン繁殖体（無性芽）を形成する杯状体を形成する。*GCAM1* 遺伝子の機能喪失変異体では杯状体底部の幹細胞が全く形成されず、人為的に *GCAM1* を発現誘導すると未分化な幹細胞様の細胞増殖が促進される。*GCAM1* は被子植物の幹細胞新生に関わる制御因子とオーソログの関係にあり、*GCAM1* 機能の徹底的な解析から、植物に共通する普遍的な幹細胞新生制御系の解明につながる知見が得られると考えた。

2. 研究の目的

分化細胞から幹細胞が「いつ」「どこで」新生されるか、という問題に焦点を当て、その機構を解明することを目的とする。新規器官である根粒あるいは杯状体ではその形成に必要な転写因子（根粒の場合は *NIN*、杯状体の場合は *GCAM1*）が局所的に発現誘導され（「場」の形成）、それら鍵転写因子が発現調節する下流遺伝子の働きにより分化細胞の細胞分裂が引き起こされ、幹細胞の新生につながると考えられる。そこで、ある特定の分化細胞で鍵転写因子が活性化する機構、およびその鍵転写因子が分化細胞から幹細胞を新生する機構、の2項目を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 根粒形成における幹細胞新生機構の解明

根粒形成における皮層細胞の分裂は、根粒菌が感染した表皮細胞の直下でのみ観察され、遺伝学的には根粒特異的転写因子 *NIN* の機能発現が必要である。また根粒菌が存在しない条件でも、異所的に *NIN* 遺伝子を発現させることで根粒原基が形成される。*NIN* 遺伝子の発現は根粒菌が感染する表皮細胞および根粒原基が形成される皮層細胞のみに限定される。以上のことから、*NIN* の機能発現により皮層細胞の分裂が誘導され、根粒幹細胞が新生されると考えた。そこで、*NIN* がどのようにして皮層細胞分裂を誘導するのか、根粒菌の感染によりどのようにして局所的に *NIN* 遺伝子の発現が誘導されるのか、の2点に焦点を絞り、遺伝子制御ネットワークおよびクロマチン動態の観点から解析を進め、根粒幹細胞の新生機構を明らかにする。

(2) 基部植物における幹細胞群新生プロセスの分子機構

コケ植物と被子植物の幹細胞新生に共通する制御メカニズムを探る。ゼニゴケ *GCAM1* は、幹細胞群の増殖を介した腋芽形成（被子植物の茎と葉の境界に新生される芽）の制御因子 *RAXs* とオーソログの関係にあり、植物に保存された幹細胞新生機構の共通制御因子である可能性が考えられる。*GCAM1* はゼニゴケ葉状体背側における表皮の限定的な領域に発現し幹細胞群の新生を促進する。*GCAM1* を破壊すると底部に幹細胞群をもつ杯状体が形成されず、クローン繁殖体である無性芽も全く形成されない。ゼニゴケの *GCAM1* 上流および下流における細胞レベルの遺伝子制御ネットワークを時空間的に解析する。さらに被子植物の腋芽形成を制御する遺伝子制御ネットワークと比較解析することで、陸上植物に共通する幹細胞新生の制御メカニズムを明らかにする。

4. 研究成果

(1) 根粒形成における幹細胞新生機構の解明

根粒特異的転写因子 *NIN* が転写発現を調節する標的遺伝子を網羅的に探索するためにミヤコグサ *NIN* 遺伝子の一過的発現などによる RNA-seq と *NIN* の ChIP-seq との比較解析をおこなった。その結果、標的遺伝子として側根形成に必要な *ASL18/LBD16* 遺伝子を発見し、その根粒形成への関与を分子遺伝学的に解明した。また *NF-Y* と *ASL18/LBD16* は複合体を形成し、*NIN* の下流で根粒原基を誘導することを明らかにした（*Science* 2019）。この成果は、マメ科植物が根粒形成能を進化的に獲得する際に、側根形成プログラムを流用したことを示す初めての研究として、国際的に高く評価された。

NIN 遺伝子の発現を抑制的に制御するマメ科特異的な転写因子を新たに同定し、これが *NIN* 遺伝子のシス領域に結合してその発現を制御する転写因子 *CYCLOPS* と結合し、その転写活性を阻害していることを明らかにした。また、細胞周期の可視化により *NIN* を含めた上流因子の細胞分裂における役割を明らかにした。意外なことに *NIN* は G2/M の進行を制御しており、一方 *NIN* とはパラレルに G1/S を制御する転写因子も明らかになった。プロトプラストを用いた1細胞

RNA-seq 解析の条件検討をおこない、シロイヌナズナ根端における既知の細胞種が同定できることを確認した。ミヤコグサ皮層細胞プロトプラストを選択的に単離する手法を確立し、1細胞 RNA-seq 解析による遺伝子発現データを取得した。その結果、根粒幹細胞新生に伴う特徴的なクラスターを同定した。ミヤコグサ根粒形成変異体の根粒菌感染経時的 RNA-seq により遺伝子制御ネットワークを構築し、ネットワークのハブにあたる新たな遺伝子候補を複数同定した。根粒幹細胞新生におけるクロマチン状態を解析するために ATAC-seq 解析を行った結果、これら遺伝子の上流のアクセシビリティが根粒菌感染依存的に高くなっていた。

今後の展望として、根粒形成に関わる転写因子が結合するシス配列について陸上植物を対象に網羅的に同定し、根粒形成における遺伝子制御ネットワークの進化を明らかにするとともに、1細胞 RNA-seq と 1細胞 ATAC-seq の解析結果を元に、根粒幹細胞新生における遺伝子制御ネットワークの全貌を明らかにしたい。

(2) 基部植物における幹細胞群新生プロセスの分子機構

国際共同研究で取り組んできたゼニゴケゲノムの解読成果を論文として発表した(Cell 2017)。ゼニゴケは他の植物種と比較して、植物の発生過程や生理機能の制御に関わる遺伝子の重複が極めて少ないこと、そしてゼニゴケが陸上植物の基本的な分子メカニズムの祖先型をもつことなどが明らかになった。

GCAM1 の C 末端側に蛍光タンパク質遺伝子をノックインした形質転換体を観察し、GCAM1 が杯状体底部で発現していることを確認した。GCAM1 がゼニゴケ杯状体底部幹細胞群の新生と増殖に重要な機能をもつことを明らかにした。GCAM1 遺伝子が被子植物の腋芽形成を制御するシロイヌナズナ RAX やトマト Blind とオーソログの関係であることを示し、RAX の機能欠損表現型を GCAM1 が部分的に相補することを明らかにした。この結果は GCAM1 による幹細胞新生の制御メカニズムが陸上植物で保存されていることを示唆している(Curr Biol 2019)。またゼニゴケ無性芽発生の開始に ROP GTP アーゼの活性化が必須であることを明らかにした(Curr Biol 2019)。

GCAM1 下流で制御される遺伝子制御ネットワークを解析した。そのうちの 1 つ、1R-MYB 型転写因子をコードする GROM 遺伝子が杯状体形成に重要な機能をもつこと確認するとともに、GROM が発生初期の無性芽で強く発現することや GCAM1 の直接の標的であることを示す結果を得たことから、GROM が GCAM1 下流で無性芽幹細胞形成を制御する因子であることを明らかにした。

ゼニゴケの葉状体を切断した場合、成長点を失った基部側断片の切断面から幹細胞を含む再生芽が形成され新たな葉状体を再生させる。この葉状体再生プロセスの分子メカニズムはほとんど明らかにされていない。GCAM1 の種内パラログ GC1L の解析を行ったところ、GC1L が葉状体を切断した際の基部側断片の切断面付近で発現が上昇し、基部側断片からの幹細胞再生プロセスを促進する機能をもつことを見出した。今後、葉状体再生プロセスにおける GCL1 下流の遺伝子制御ネットワーク解析を進めることで、幹細胞新生における細胞リプログラミングと細胞周期再活性化の仕組みを明らかにしたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shimoda Yoshikazu, Nishigaya Yuki, Yamaya-Ito Hiroko, Inagaki Noritoshi, Umehara Yosuke, Hirakawa Hideki, Sato Shusei, Yamazaki Toshimasa, Hayashi Makoto	4. 巻 117
2. 論文標題 The rhizobial autotransporter determines the symbiotic nitrogen fixation activity of <i>Lotus japonicus</i> in a host-specific manner	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 1806 ~ 1815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1913349117	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 Soyano Takashi, Shimoda Yoshikazu, Kawaguchi Masayoshi, Hayashi Makoto	4. 巻 366
2. 論文標題 A shared gene drives lateral root development and root nodule symbiosis pathways in <i>Lotus</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1021 ~ 1023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aax2153	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 Shimoda Yoshikazu, Imaizumi-Anraku Haruko, Hayashi Makoto	4. 巻 250
2. 論文標題 Kinase activity-dependent stability of calcium/calmodulin-dependent protein kinase of <i>Lotus japonicus</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Planta	6. 最初と最後の頁 1773 ~ 1779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00425-019-03264-6	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 Liu Meng, Soyano Takashi, Yano Koji, Hayashi Makoto, Kawaguchi Masayoshi	4. 巻 132
2. 論文標題 ERN1 and CYCLOPS coordinately activate NIN signaling to promote infection thread formation in <i>Lotus japonicus</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 641 ~ 653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-019-01122-w	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 Naramoto Satoshi, Jones Victor Arnold Shivas, Trozzi Nicola, Sato Mayuko, Toyooka Kiminori, Shimamura Masaki, Ishida Sakiko, Nishitani Kazuhiko, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Dolan Liam, Kyozyuka Junko	4. 巻 17
2. 論文標題 A conserved regulatory mechanism mediates the convergent evolution of plant shoot lateral organs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS Biology	6. 最初と最後の頁 e3000560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pbio.3000560	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 Yasui Yukiko, Tsukamoto Shigeyuki, Sugaya Tomomi, Nishihama Ryuichi, Wang Quan, Kato Hirotsuka, Yamato Katsuyuki T., Fukaki Hidehiro, Mimura Tetsuro, Kubo Hiroyoshi, Theres Klaus, Kohchi Takayuki, Ishizaki Kimitsune	4. 巻 29
2. 論文標題 GEMMA CUP-ASSOCIATED MYB1, an Ortholog of Axillary Meristem Regulators, Is Essential in Vegetative Reproduction in Marchantia polymorpha	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3987 ~ 3995.e5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2019.10.004	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 Takuma Hiwataishi, Honzhen Goh, Yukiko Yasui, (10 authors), Shuji Shigenobu, Hidehiro Fukaki, Tetsuro Mimura, Kiminori Toyooka, Shinichiro Sawa, Katsuyuki T. Yamato, Takashi Ueda, Daisuke Urano, Takayuki Kohchi, Kimitsune Ishizaki	4. 巻 29
2. 論文標題 The RopGEF KARAPPO Is Essential for the Initiation of Vegetative Reproduction in Marchantia polymorpha	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3525 ~ 3531.e7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2019.08.071	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 Aki Shiori S, Mikami Tatsuya, Naramoto Satoshi, Nishihama Ryuichi, Ishizaki Kimitsune, Kojima Mikiko, Takebayashi Yumiko, Sakakibara Hitoshi, Kyozyuka Junko, Kohchi Takayuki, Umeda Masaaki	4. 巻 60
2. 論文標題 Cytokinin Signaling Is Essential for Organ Formation in Marchantia polymorpha	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1842 ~ 1854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcz100	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 Sogawa Aoi, Yamazaki Akihiro, Yamasaki Hiroki, Komi Misa, Manabe Tomomi, Tajima Shigeyuki, Hayashi Makoto, Nomura Mika	4. 巻 9
2. 論文標題 SNARE Proteins LjVAMP72a and LjVAMP72b Are Required for Root Symbiosis and Root Hair Formation in <i>Lotus japonicus</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2018.01992	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 Hirakawa Yuki, Uchida Naoyuki, Yamaguchi Yasuka L., Tabata Ryo, Ishida Sakiko, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Sawa Shinichiro, Bowman John L.	4. 巻 15
2. 論文標題 Control of proliferation in the haploid meristem by CLE peptide signaling in <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS Genetics	6. 最初と最後の頁 e1007997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pgen.1007997	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 Higo Asuka, 他11名, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Franco-Zorrilla Jose M., Twell David, Berger Frederic, Araki Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Transcription factor DU01 generated by neo-functionalization is associated with evolution of sperm differentiation in plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-07728-3	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 Eklund D. Magnus, Kanei Masakazu, Flores-Sandoval Eduardo, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Lagercrantz Ulf, Bhalerao Rishikesh P., Sakata Yoichi, Bowman John L.	4. 巻 28
2. 論文標題 An Evolutionarily Conserved Abscisic Acid Signaling Pathway Regulates Dormancy in the Liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3691 ~ 3699
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2018.10.018	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 Kubo Hiroyoshi, Nozawa Shunsuke, Hiwatashi Takuma, Kondou Youichi, Nakabayashi Ryo, Mori Tetsuya, Saito Kazuki, Takanashi Kojiro, Kohchi Takayuki, Ishizaki Kimitsune	4. 巻 131
2. 論文標題 Biosynthesis of riccionidins and marchantins is regulated by R2R3-MYB transcription factors in <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 849 ~ 864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-018-1044-7	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 Yamaya-Ito Hiroko, Shimoda Yoshikazu, Hakoyama Tsuneo, Sato Shusei, Kaneko Takakazu, Hossain Md Shakhawat, Shibata Satoshi, Kawaguchi Masayoshi, Hayashi Makoto, Kouchi Hiroshi, Umehara Yosuke	4. 巻 93
2. 論文標題 Loss-of-function of ASPARTIC PEPTIDASE NODULE-INDUCED 1 (APN1) in <i>Lotus japonicus</i> restricts efficient nitrogen-fixing symbiosis with specific <i>Mesorhizobium loti</i> strains	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 5 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.13759	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 Otani Kento, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Takatani Shogo, Kohchi Takayuki, Takahashi Taku, Motose Hiroyasu	4. 巻 145
2. 論文標題 An evolutionarily conserved NIMA-related kinase directs rhizoid tip growth in the basal land plant <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Development	6. 最初と最後の頁 154617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/dev.154617	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 Yamaoka Shohei, Nishihama Ryuichi, Yoshitake Yoshihiro, Ishida Sakiko, Inoue Keisuke, Saito Misaki, Okahashi Keitaro, Bao Haonan, Nishida Hiroyuki, Yamaguchi Katsushi, Shigenobu Shuji, Ishizaki Kimitsune, Yamato Katsuyuki T., Kohchi Takayuki	4. 巻 28
2. 論文標題 Generative Cell Specification Requires Transcription Factors Evolutionarily Conserved in Land Plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 479 ~ 486.e5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2017.12.053	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 Bowman John L., Kohchi Takayuki, Yamato Katsuyuki T., Jenkins Jerry, Shu Shengqiang, Ishizaki Kimitsune, Yamaoka Shohei, Nishihama Ryuichi, Nakamura Yasukazu, Berger Frederic, et al.	4. 巻 171
2. 論文標題 Insights into Land Plant Evolution Garnered from the <i>Marchantia polymorpha</i> Genome	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cell	6. 最初と最後の頁 287 ~ 304.e15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cell.2017.09.030	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 Kato Hirotaka, Kouno Masaru, Takeda Mayuko, Suzuki Hidemasa, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki	4. 巻 58
2. 論文標題 The Roles of the Sole Activator-Type Auxin Response Factor in Pattern Formation of <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1642 ~ 1651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcx095	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 Nagaoka Nagisa, Yamashita Akihiro, Kurisu Rina, Watari Yuta, Ishizuna Fumiko, Tsutsumi Nobuhissro, Ishizaki Kimitsune, Kohchi Takayuki, Arimura Shin-ichi	4. 巻 7
2. 論文標題 DRP3 and ELM1 are required for mitochondrial fission in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-04886-0	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 -

〔学会発表〕 計50件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Tsuneo Hakoyama, Atsuko Hirota, Yoshikazu Shimoda, Makoto Hayashi
2. 発表標題 The legume-rhizobial gene-for-gene interaction based on the <i>Lotus japonicus</i> and <i>Mesorhizobium loti</i> co-expression network
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kai Battenberg, S. Thomas Kelly, Nicola Hetherington, Aki Minoda, Makoto Hayashi
2. 発表標題 Single-cell RNAseq analysis of Lotus japonicus roots to elucidate the genetic mechanisms of cell division reactivation in legume cortical cells
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Yamazaki, Yoza Okazaki, Yasuhiro Higashi, Kazuki Saito, Akira Akamatsu, Naoya Takeda, Akira Miyahara, Miwa Nagae, Yosuke Umehara and Makoto Hayashi
2. 発表標題 Sterol acyltransferase is involved in the regulation of root nodule symbiosis
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi Soyano, Masayoshi Kawaguchi, Makoto Hayashi
2. 発表標題 Roles of Lotus japonicus PUCHI genes in root nodule formation
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 箱山雅生、廣田敦子、山崎祥子、久下修平、辻井快、下田宜司、山崎明広、林誠
2. 発表標題 ミヤコグサ根粒菌 Mesorhizobium loti トランスポゾン挿入変異体の挿入位置決定
3. 学会等名 植物微生物研究会第29回研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻井快、S. Thomas Kelly、Nicola Hetherington、Aki Minoda、林誠
2. 発表標題 根粒形成初期におけるミヤコグサの根の1細胞RNAseq解析に向けて
3. 学会等名 植物微生物研究会第29回研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiro Yamazaki, Kiminori Toyooka, Akira Akamatsu, Naoya Takeda, Akira Miyahara, Miwa Nagae, Yosuke Umehara, and Makoto Hayashi
2. 発表標題 CAMTA1: a novel regulator of nodulation
3. 学会等名 IS-MPMI XVIII Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Marchantia as a model for evolutionary biology.
3. 学会等名 The Vassilios Sarafis OzBryo Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 An evolutionary conserved mechanism for production of secondary meristems in land plants.
3. 学会等名 Australian Society of Plant Scientists Conference: ASP2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 GEMMA CUP-ASSOCIATED MYB1, an orthologue of axillary meristem regulator, is essential for vegetative reproduction in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Marchantia Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野亜紀, 樋渡琢真, 三村徹郎, 深城英弘, 石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ形態形成におけるRopGAPの機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋渡琢真, 上野亜紀, 金澤建彦, 南野尚紀, 深城英弘, 三村徹郎, 上田貴志, 石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ無性芽形成に機能するRopおよびRopGEFの細胞内局在解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井嵩人, 平田千穂, 風間裕介, 阿部知子, 三村徹郎, 深城英弘, 石崎公庸
2. 発表標題 重イオンビーム照射胞子を用いたゼニゴケ配偶体形態形成変異体のスクリーニングと解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林誠
2. 発表標題 植物・微生物共生における細胞リプログラミングとその進化
3. 学会等名 細胞凝集研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Hayashi
2. 発表標題 Gene regulatory networks co-opted into the root nodule symbiosis of legumes
3. 学会等名 13th European Nitrogen Fixation Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Yamazaki, Akira Miyahara, Miwa Nagae, Yosuke Umehara, Makoto Hayashi
2. 発表標題 A Calmodulin-binding Transcriptional Activator controls nodule organogenesis
3. 学会等名 13th European Nitrogen Fixation Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Soyano, Makoto Hayashi, Masayoshi Kawaguchi
2. 発表標題 Transcription factors involved in lateral root development may function downstream of Nodule Inception to regulate nodule development
3. 学会等名 13th European Nitrogen Fixation Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 征矢野敬、林誠、川口正代司
2. 発表標題 マメ科植物の根粒と側根の形成に共通して係わる宿主因子
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 箱山雅生、下田宜司、林誠
2. 発表標題 遺伝子共発現ネットワークを用いた ALB1 タンパク質のリガンドの探索
3. 学会等名 植物微生物研究会第28回研究交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村彩、横田圭祐、廣田敦子、征矢野敬、林誠
2. 発表標題 PH/BEACH/WDドメインを持つ CRINKLE タンパク質の根粒共生における機能解析
3. 学会等名 植物微生物研究会第28回研究交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎明広、宮原章、永江美和、梅原洋佐、豊岡公德、林誠
2. 発表標題 根粒共生における新奇制御因子
3. 学会等名 植物微生物研究会第28回研究交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S Thomas Kelly, Nicola A Hetherington, Shiori Aki, Haruka Yabukami, Kai Battenberg, Makoto Hayashi, Masaaki Umeda, Aki Minoda
2. 発表標題 Developing a single-cell bioinformatics analysis pipeline: Application of single-cell RNA-seq to plant tissues
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S Thomas Kelly, Nicola A Hetherington, Shiori Aki, Haruka Yabukami, Kai Battenberg, Makoto Hayashi, Masaaki Umeda, Aki Minoda
2. 発表標題 A single-cell bioinformatics analysis pipeline for discovery of stem cells in plants
3. 学会等名 Keystone Symposium Single Cell Biology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Hayashi
2. 発表標題 Gene regulatory networks in root nodule symbiosis
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎明広、岡咲洋三、斉藤和季、橋本恵、豊岡公德、宮原章、永江美和、梅原洋佐、林誠
2. 発表標題 ステロールの恒常性に寄与するAcyl transferaseによる根粒共生の制御
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 征矢野敬、林誠、川口正代司
2. 発表標題 ミヤコグサASL18/LBD16はNF-Yと結合して根粒の発達を正に制御する
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Meng Liu, Takashi Soyano, Koji Yano, Makoto Hayashi, Masayoshi Kawaguchi
2. 発表標題 ERN1 may function as an additional regulator of NIN to promote infection thread formation in Lotus japonicus
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 箱山雅生、廣田敦子、下田宜司、林誠
2. 発表標題 遺伝子共発現ネットワークに基づくミヤコグサとミヤコグサ根粒菌の共生成立過程における遺伝子間相互作用の解析
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安居佑季子、塚本成幸、石田咲子、西浜竜一、深城英弘、三村徹郎、河内孝之、石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケの2つのR2R3-MYB型転写因子を介した異なる幹細胞性獲得制御機構
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋渡琢真、深城英弘、三村徹郎、石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ腹鱗片の粘液細胞形成におけるRopシグナル伝達の役割
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Molecular genetics of gemma dormancy in a basal land plant <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Plant Dormancy Symposium 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樋渡琢真、安居佑季子、上野亜紀、Li Quan Koh、深城英弘、三村徹郎、河内孝之、浦野大輔、石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケの無性芽形成におけるKAR/RopGEFの機能ドメイン解析
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安居佑季子、塚本成幸、西浜竜一、深城英弘、三村徹郎、河内孝之、石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケのMYB型転写因子GCAM1による幹細胞制御機構の解析
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki, Mikako Yoshikawa, Shigeyuki Tsukamoto, Hidehiro Fukaki, Tetsuro Mimura, Daisuke Takezawa, Yoichi Sakata, Takayuki Kohchi
2. 発表標題 The critical role of MpbHLH40 as a positive regulator of dormancy in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 EMBO Workshop ~New shores in land plant evolution~ (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Hayashi
2. 発表標題 Evolution of root nodule symbiosis in legumes
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 征矢野敬、林誠、川口正代司
2. 発表標題 根粒共生特異的転写因子NINの下流で作用する側根形成関連因子
3. 学会等名 植物微生物研究会第27回研究交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎明広、宮原章、永江美和、梅原洋佐、林誠
2. 発表標題 カルモジュリン結合転写因子による根粒形成の制御
3. 学会等名 植物微生物研究会第27回研究交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 箱山雅生、下田宜司、林誠
2. 発表標題 遺伝子共発現ネットワーク構造解析による共生窒素固定に重要な遺伝子の探索
3. 学会等名 植物微生物研究会第27回研究交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Aya Shimomura, Ayumi Naka, Nobuyuki Miyazaki, Sayaka Moriuchi, Susumu Arima, Shusei Sato, Hideki Hirakawa, Makoto Hayashi, Maskit Maymon, Ann M. Hirsch, Akihiro Suzuki
2. 発表標題 Blue light perception by roots inhibits root nodule formation in Lotus japonicus
3. 学会等名 International Symposium on Plant Photobiology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 征矢野敬、林誠、川口正代司
2. 発表標題 根粒共生特異的NIN転写因子の下流で作用する側根形成関連因子
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎明広、宮原章、永江美和、梅原洋佐、林誠
2. 発表標題 カルモジュリン結合転写因子による根粒形成の新奇制御機構
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村彩、横田圭祐、廣田敦子、征矢野敬、林誠
2. 発表標題 PH/BEACH/WDドメインを持つCRINKLEタンパク質の根粒共生における機能解析
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Molecular genetics of the gametophytic body plan in a basal land plant <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 editBio Mexico 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樋渡琢真, Koh Li Quan, 深城英弘, 三村徹郎, 河内孝之, 浦野大輔, 石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ無性芽発生を制御するKAR/RopGEFの生化学的解析
3. 学会等名 日本植物学会第81回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mikako Yoshikawa, Shigeyuki Tsukamoto, Hidehiro Fukaki, Tetsuro Mimura, Daisuke Takezawa, Yohichi Sakata, Kohchi Takayuki, Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Functional characterization of MpbHLH40 in gemma dormancy of a liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Molecular mechanism of vegetative reproduction in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuma Hiwatashi, Koh Li Quan, Katsushi Yamaguchi, Shuji Shigenobu, Shinichiro Sawa, Hiroyuki Kirita, Hidehiro Fukaki, Tetsuro Mimura, Takayuki Kohchi, Daisuke Urano, Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 KARAPPO encoding RopGEF is critical for the gemma development in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kimitsune Ishizaki
2. 発表標題 Gemma and Gemma Cup Development in <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 65th NIBB Conference - <i>Marchantia</i> Workshop 2017~ (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉川 実穂子、塚本 成幸、深城 英弘、三村 徹郎、竹澤 大輔、坂田 洋一、河内 孝之、石崎 公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ無性芽の休眠を正に制御するMpbHLH40の機能解析
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樋渡琢真, Koh Li Quan, 深城英弘, 三村徹郎, 河内孝之, 浦野大輔, 石崎公庸
2. 発表標題 ゼニゴケ無性芽形成初期を制御するRopシグナル伝達経路の機能解析
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	石崎 公庸 (Ishizaki Kimitsune) (00452293)	神戸大学・理学研究科・教授 (14501)	

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