

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03275

研究課題名(和文)新規光合成シグナル伝達因子による糖代謝制御とその進化

研究課題名(英文) Sugar metabolism regulation by a photosynthesis-signaling factor and its evolution

研究代表者

西浜 竜一 (Nishihama, Ryuichi)

東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授

研究者番号：70283455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：植物細胞の成長や代謝を光合成活性と協調させる機能をもつゼニゴケのキナーゼPRAFは、Raf様キナーゼに属し、光合成活性依存的にリン酸化する。ゼニゴケにおいてPRAF遺伝子を破壊すると、糖代謝に異常をきたし、成長が大きく阻害される。本研究により、PRAFタンパク質のN末端側に存在する多量体化モジュールPB1ドメインを介した他のPRAF分子との多量体化が、自身のリン酸化と機能に必須であること、葉緑体近傍で起こる顆粒構造形成には不要であること、相分離により顆粒を形成することなどが示唆された。また、下流因子の探索を行い、いくつかの候補を同定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光合成を行う植物にとって、成長や代謝などの生命現象を光合成の活性と調和させる必要がある。しかしその仕組みは多様であり、解明すべき点が数多く残されている。本研究では、光合成駆動の刺激を伝えるタンパク質リン酸化酵素PRAFの解析を通して、その一端を明らかにした。植物は進化を通してPRAFを保持しているため、その機能は植物に共通したものであると考えられ、本研究の成果は農業、園芸、環境保全等に活用できる知見であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Molecular mechanisms of the protein kinase PRAF, which functions in coordinating growth and metabolism with photosynthetic activity in *Marchantia polymorpha*, were investigated. PRAF belongs to Raf-like kinases and is phosphorylated in a photosynthetic activity-dependent manner. Disruption of the PRAF gene causes sugar metabolism defects and severely inhibits growth. This study demonstrated that multimerization with other PRAF molecules via the multimerization module PB1 domain present on the N-terminus of the protein is essential for its own phosphorylation and function. It was also suggested that the PB1 domain is unnecessary for the granule formation of PRAF proteins, and that granules are formed by phase separation. In addition, candidate target proteins of PRAF were identified.

研究分野：植物生理学、分子遺伝学、細胞生物学

キーワード：Raf様キナーゼ 光合成 糖代謝 ゼニゴケ シグナル伝達

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

植物にとって、光は光合成に必須な還元力とプロトン駆動力を発生するエネルギーとしてだけでなく、刻々と変化する光環境に光合成と成長を最適化するためのシグナル因子としての役割がある。例えば、日周変動下での安定した固定炭素の利用や、成長とエネルギー貯蔵のバランス調節のために、光合成活性に応じてシヨ糖・デンプン間の炭素分配が行われる。また、根が成長を行うための細胞増殖は、光合成が産生する糖により活性化されるキナーゼ TARGET OF RAPAMYCIN (TOR)を介したシグナル伝達により活性化される。さらに気孔開口の青色光応答性は、葉肉細胞における光合成の駆動に依存する。一方、シヨ糖が枯渇する状況においては SNF1-RELATED PROTEIN KINASE 1 (SnRK1)が活性化され、遺伝子発現と代謝の大きなリプログラミングを引き起こし、エネルギー恒常性を保つ。このように様々な光合成と成長を協調させる仕組みが知られているが、その調節ネットワークは複雑であり、未解明な部分が多く残されている。これを解明することは植物科学の主要な課題と言える。

申請者はこれまでに、様々な分子遺伝学的解析に有利な特徴を備えるコケ植物ゼニゴケに着目し、植物成長の光制御機構に関する研究を行ってきた。ゼニゴケでは赤色光が細胞増殖を促進し、これがフィトクロムと光合成による糖合成の両方に依存することを申請者は見出した。そこで、光合成と成長を協調させるシグナル伝達に関わる因子を同定する目的で、リン酸化プロテオーム解析により光合成電子伝達に依存的なリン酸化変動を示すタンパク質を同定した。その結果、緑藻から被子植物に至るまですべての植物に保存された機能未知の Raf 様プロテインキナーゼを見出し、PHOTOSYNTHESIS-RELATED RAF (PRAF)と名付けた(Koide et al. 2020)。*praf* 変異体を作出したところ、器官発生は起こるものの成長は遅延した。光合成産物としてデンプンとシヨ糖を定量したところ、野生型に比べて *praf* 変異体ではデンプンの高蓄積とシヨ糖の減少がみられた。また光合成電子伝達速度が低下していたが、この異常は糖代謝欠損の二次的影響であると考えられた(Koide et al. 2020)。

### 2. 研究の目的

以上のことから、PRAF は少なくともシヨ糖代謝の調節を介して光合成と成長をリンクさせる重要な調節因子であると考えられた。しかしながら、PRAF がどのような光合成由来の刺激を受けて活性化され、どのような基質をリン酸化してシヨ糖代謝や成長を調節するのかはまだわかっていない。また、上で述べた PRAF の機能が、進化的に保存された植物に普遍的な機能なのかについても不明である。

そこで本研究では、光合成シグナルによる PRAF の機能制御機構の解明を目的として、PRAF の局在部位、結合タンパク質、基質の解明・同定を行うことにした。また、シロイヌナズナ PRAF ホモログの変異体を作出し、表現型解析を行うことで、進化における機能共通性を明らかにすることにした。さらに、新規な光合成シグナル伝達因子の同定も目的として、探索を行うことにした。

### 3. 研究の方法

PRAF タンパク質は、N 末端側から短い天然変性領域 (IDR1)、多量体化モジュールである PB1 ドメイン、600 残基に渡る長い天然変性領域 (IDR2)、300 残基の機能未知の領域 (RUF)、短い 2 つの天然変性領域 (IDR3, 4)、キナーゼドメイン (KD) からなる構造をしている。

*PRAFpro:PRAF-mCitrine/praf* 株を作出し、蛍光顕微鏡観察により細胞内局在を調べた。その結果、葉緑体近傍で顆粒状の構造 (PRAF 顆粒) に局在することがわかった。PRAF 顆粒はタンパク質の集合体で構成されると考えられたため、PB1 ドメインに着目した。PB1 ドメインを欠失させた PRAF( $\Delta$ PB1)タンパク質を発現するコンストラクトを作成し、*praf* 変異体に導入し、局在を解析した。加えて、成長速度および糖代謝機能の解析を行った。光合成依存的なリン酸化についても調査し、抗 PRAF 抗体を用いたウエスタンブロットにより、バンドシフトを検出する実験を行った。また、PRAF タンパク質間の PB1 ドメインを介した相互作用や、その他の PB1 ドメイン保持タンパク質との相互作用について、Yeast two-hybrid 法を用いて解析した。

PRAF と結合するタンパク質を同定するため、*PRAFpro:PRAF-3xFLAG/praf* 株を用いて、FLAG 抗体を用いた免疫沈降実験を行った。共免疫沈降したタンパク質を質量分析により同定した。PRAF 結合タンパク質と推定されたタンパク質について、ゲノム編集株を作出し、機能解析を行った。

PRAF の下流因子を探索する目的で、*praf* 変異体を用いてリン酸化プロテオーム解析を行った。シロイヌナズナの PRAF ホモログについて、特に相同性の高い分子種の変異体入手し、多重変異体の作出のため、交配を行った。

### 4. 研究成果

PRAF の PB1 ドメインの機能解析を行った。まず、PRAF を除く、PB1 ドメインをもつゼニゴケの 18 タンパク質のうち、13 個について PRAF との相互作用を Yeast two-hybrid 法で調べたところ、どのタンパク質の PB1 ドメインとも相互作用を示さなかった。次に、*praf* 変異体の糖代

謝異常や成長遅延の表現型を、PB1 ドメインを欠失させた PRAF( $\Delta$ PB1)により相補できるか調べたところ、相補はほとんどできなかった。さらに、PB1 ドメイン同士の静電的相互作用に重要と考えられる負の電荷をもつ OPCA モチーフや正の電化をもつリジン残基に点変異を導入したところ、PRAF の機能やリン酸化が弱くなった。さらに、PB1 ドメインの代わりに、別のタンパク質由来の多量体化ドメインを付加したところ、糖代謝や光合成依存的なリン酸化において部分的に PB1 ドメインの機能を代替できることがわかった。このことから、PRAF の機能発揮にはホモ多量体化することが重要であり、他の PB1 ドメインタンパク質と相互作用することはあまり重要ではないことが示唆された。

さらに、光合成依存的なリン酸化における PB1 ドメインの機能について解析を行った。まず、*PRAFpro:PRAF( $\Delta$ PB1)/praf* 株においては、PRAF( $\Delta$ PB1)タンパク質の光合成依存的なリン酸化が起こらないことが示された。そこで、mCitrine を融合した野生型の PRAF タンパク質とともに、3xFLAG タグを融合した PRAF( $\Delta$ PB1)タンパク質を発現させ、抗 FLAG 抗体を用いて光合成依存的なリン酸化を調べたところ、PRAF( $\Delta$ PB1)-3xFLAG タンパク質の光合成依存的なリン酸化は見られなかった。一方、PB1 ドメインをもち、かつキナーゼ不活性型変異をもつ PRAF(dead)-3xFLAG を *praf* 変異体で単独で発現させると PRAF(dead)-3xFLAG は光合成依存的なリン酸化を受けなかったが、野生型 PRAF-mCitrine を共発現させると、PRAF(dead)-3xFLAG のリン酸化が起こった。これらのことから、PB1 ドメインを介したホモ多量体化により PRAF タンパク質が近接することで、PRAF 分子間でのリン酸化が引き起こされる可能性が示唆された。

PRAF 顆粒の実体解明に向け、*PRAFpro:PRAF-mCitrine/praf* 株のタイムラプス観察を行ったところ、PRAF 顆粒はブラウン運動様に動くものの、長距離には移動しないという挙動を示すことがわかった。*PRAFpro:PRAF( $\Delta$ PB1)-mCitrine/praf* 株を用いて細胞内局在を解析したところ、意外なことに、PB1 ドメインがなくても野生型タンパク質と同様の顆粒局在を示したことから、顆粒局在は PB1 ドメインを介した多量体化に依存しないことが示唆された。そこで、PRAF タンパク質のどの領域が顆粒形成に参与するのかを調べたところ、IDR2 の関与が示唆される結果が得られた。以上の解析結果から、PRAF 顆粒は相分離により形成される液滴であり、光合成駆動の刺激を受けると PB1 ドメインを介した相互作用によるさらなる構造変化が起こることで分子間の自己リン酸化が起こる、という分子機構が示唆された。

*PRAFpro:PRAF-3xFLAG/praf* 株を用いて免疫沈降実験を行い、質量分析により共免疫沈降タンパク質を同定した。3 回の実験で、非形質転換体と比較して有意に結合が見られたものとして small subunit ribosomal protein が同定された。現在、この結合の確認と機能の関連性について調査を行っている。また、1~2 回の実験で結合が見られた関連性の高そうな候補タンパク質のいくつかについて、ゲノム編集により変異体を作成した。しかし *praf* 変異体のような顕著な表現型は認められなかった。

*praf* 変異体を用いて行ったリン酸化プロテオーム解析により、光合成依存的かつ PRAF 依存的にリン酸化変動を示すタンパク質を同定することができた。それらの遺伝子についてゲノム編集により変異体を作成したところ、いくつかは *praf* 変異体よりは弱いものの、成長阻害を示した。現在これらのタンパク質の PRAF によるリン酸化や PRAF との共局在などについて解析を進めている。

シロイヌナズナの PRAF ホモログについては、多重変異体の作成を完了した。今後、機能解析を行っていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Moriya Kenta C., Shirakawa Makoto, Loue-Manifel Jeanne, Matsuda Yoriko, Lu Yen-Ting, Tamura Kentaro, Oka Yoshito, Matsushita Tomonao, Hara-Nishimura Ikuko, Ingram Gwyneth, Nishihama Ryuichi, Goodrich Justin, Kohchi Takayuki, Shimada Tomoo	4. 巻 9
2. 論文標題 Stomatal regulators are co-opted for seta development in the astomatous liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 302 ~ 314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-022-01325-5	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 John L Bowman, Mario Arteaga-Vazquez, Frederic Berger, ..., Ryuichi Nishihama, ... et al.	4. 巻 34
2. 論文標題 The renaissance and enlightenment of <i>Marchantia</i> as a model system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 3512 ~ 3542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koac219	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 Kanazawa Takehiko, Nishihama Ryuichi, Ueda Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Normal oil body formation in <i>Marchantia polymorpha</i> requires functional coat protein complex I proteins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 979066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2022.979066	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 Koeduka Takao, Takaishi Misaki, Suzuki Maiko, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Uefune Masayoshi, Matsui Kenji	4. 巻 39
2. 論文標題 CRISPR/Cas9-mediated disruption of ALLENE OXIDE SYNTHASE results in defective 12-oxo-phytodienoic acid accumulation and reduced defense against spider mite ( <i>Tetranychus urticae</i> ) in liverwort ( <i>Marchantia polymorpha</i> )	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 191 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.22.0328a	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 Sakai Yuuki, Higaki Takumi, Ishizaki Kimitsune, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Hasezawa Seiichiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Migration of prospindle before the first asymmetric division in germinating spore of <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 5~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.21.1217b	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 Shinkawa Haruka, Kajikawa Masataka, Furuya Tomoyuki, Nishihama Ryuichi, Tsukaya Hirokazu, Kohchi Takayuki, Fukuzawa Hideya	4. 巻 63
2. 論文標題 Protein Kinase MpYAK1 Is Involved in Meristematic Cell Proliferation, Reproductive Phase Change and Nutrient Signaling in the Liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1063~1077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcac076	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 Hernandez-Garcia Jorge, Sun Rui, Serrano-Mislata Antonio, Inoue Keisuke, Vargas-Chavez Carlos, Esteve-Bruna David, Arbona Vicent, Yamaoka Shohei, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Blazquez Miguel A.	4. 巻 31
2. 論文標題 Coordination between growth and stress responses by DELLA in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3678~3686.e11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2021.06.010	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 Furuya Tomoyuki, Shinkawa Haruka, Kajikawa Masataka, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Fukuzawa Hideya, Tsukaya Hirokazu	4. 巻 134
2. 論文標題 A plant-specific DYRK kinase DYRKP coordinates cell morphology in <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 1265~1277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-021-01345-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 Iwakawa Hidekazu, Melkonian Katharina, Schluter Titus, Jeon Hyung-Woo, Nishihama Ryuichi, Motose Hiroyasu, Nakagami Hirofumi	4. 巻 62
2. 論文標題 Agrobacterium-Mediated Transient Transformation of Marchantia Liverworts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1718 ~ 1727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcab126	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 Okamura Eiji, Ohtaka Kinuka, Nishihama Ryuichi, Uchida Kai, Kuwahara Ayuko, Mochida Keiichi, Hirai Masami Yokota	4. 巻 478
2. 論文標題 Diversified amino acid-mediated allosteric regulation of phosphoglycerate dehydrogenase for serine biosynthesis in land plants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemical Journal	6. 最初と最後の頁 2217 ~ 2232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1042/BCJ20210191	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 Takizawa Ryosuke, Hatada Miki, Moriwaki Yuta, Abe Sachika, Yamashita Yuko, Arimitsu Ryoma, Yamato Katsuyuki T, Nishihama Ryuichi, Kohchi Takayuki, Koeduka Takao, Chen Feng, Matsui Kenji	4. 巻 62
2. 論文標題 Fungal-Type Terpene Synthases in Marchantia polymorpha Are Involved in Sesquiterpene Biosynthesis in Oil Body Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 528 ~ 537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa175	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 Koide Eri, Suetsugu Noriyuki, Iwano Megumi, Gotoh Eiji, Nomura Yuko, Stolze Sara Christina, Nakagami Hirofumi, Kohchi Takayuki, Nishihama Ryuichi	4. 巻 61
2. 論文標題 Regulation of Photosynthetic Carbohydrate Metabolism by a Raf-Like Kinase in the Liverwort Marchantia polymorpha	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 631 ~ 643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcz232	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

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Asuka Shintaku, Nodoka Handa, Eri Koide, Megumi Iwano, Takayuki Kohchi, Ryuichi Nishihama
2. 発表標題 Mechanisms for phosphorylation and granule formation of a Raf-like kinase, PHOTOSYNTHESIS-RELATED RAF, in the liverwort <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 The 33rd International Conference on Arabidopsis Research (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 半田和華, 新宅明日架, 小出絵理, 岩野恵, 河内孝之, 西浜竜一
2. 発表標題 ゼニゴケにおける光合成シグナル伝達因子 MpPRAF の光刺激依存的な顆粒形成
3. 学会等名 第64回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岩淵功誠, 八木宏樹, 沖奈那夏, 横畑伶奈, 中田亜紗美, 広本沙耶, 小松愛乃, 酒井友希, 高木慎吾, 西浜竜一, 河内孝之, 渡辺洋平, 上田晴子, 西村いくこ
2. 発表標題 ゼニゴケの細胞核光定位運動におけるキネシン様タンパク質 MpKAC の機能的役割
3. 学会等名 第64回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 富士彩紗, 山内翔太, 杉山直幸, 西浜竜一, 島崎研一郎, 武宮淳史
2. 発表標題 青色光に応答した細胞膜 H <sup>+</sup> -ATPase の 2 つの部位のリン酸化は気孔開口に必須である
3. 学会等名 第64回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 守屋健太, 白川一, Jeanne Loue-Manifel, 松田頼子, 田村謙太郎, 岡義人, 松下智直, 西村いくこ, Gwyneth Ingram, 西浜竜一, Justin Goodrich, 河内孝之, 嶋田知生
2. 発表標題 気孔をもたないコケ植物ゼニゴケにおける気孔形成関連遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本進化学会第24回年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水谷未耶, 内橋貴之, Christian Ganser, 林優紀, 大川諒也, 大西(小川)真理, 松林嘉克, 西浜竜一, 木下俊則, 石崎公庸, 河内孝之, 東山哲也, 金岡雅浩
2. 発表標題 陸上植物におけるガス交換系の発生と環境への適応
3. 学会等名 日本植物学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西浜竜一, 新宅明日架, 半田和華, 小出絵里, 岩野恵, 河内孝之
2. 発表標題 ゼニゴケB4型Raf様キナーゼMpPRAFの光合成刺激依存的リン酸化と局在の制御機構
3. 学会等名 日本植物学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新川はるか, 梶川昌孝, 古谷朋之, 西浜竜一, 塚谷裕一, 河内孝之, 福澤秀哉
2. 発表標題 ゼニゴケのタンパク質リン酸化酵素MpYAK1は栄養生殖, 生殖器誘導および窒素欠乏応答の制御に関与する
3. 学会等名 日本植物学会第86回大会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 岩淵功誠, 八木宏樹, 守屋健太, 沖奈那夏, 横畑伶奈, 中田亜紗美, 広本沙耶, 小松愛乃, 酒井友希, 嶋田知生, 高木慎吾, 西浜竜一, 河内孝之, 渡辺洋平, 上田晴子, 西村いくこ
2. 発表標題 陸上植物における細胞核光定位運動の多様性と共通性
3. 学会等名 第63回 日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小出絵理、新宅明日架、末次憲之、岩野恵、後藤栄治、野村有子、Sara C. Stolze、中神弘史、河内孝之、西浜竜一
2. 発表標題 光合成信号伝達キナーゼ PRAF の機能と局在
3. 学会等名 近畿植物学会 第 9 回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡村英治、大高きぬ香、内田開、西浜竜一、桑原亜由子、持田恵一、平井優美
2. 発表標題 セリン生合成酵素3-phosphoglycerate dehydrogenase のアミノ酸によるアロステリック制御についての考察
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木原后紀、末次憲之、西浜竜一、河内孝之、後藤栄治
2. 発表標題 光合成依存の葉緑体光定位運動
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京理科大学理工学部応用生物科学科 西浜研究室ウェブサイト  
<https://www.rs.tus.ac.jp/nishihama/>

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
研究協力者	河内 孝之  (Kohchi Takayuki)	京都大学・大学院生命科学研究所・教授  (14301)	
研究協力者	末次 憲之  (Suetsugu Noriyuki)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授  (12601)	
研究協力者	岩野 恵  (Iwano Megumi)	京都大学・大学院生命科学研究所・研究員  (14301)	
研究協力者	中神 弘史  (Nakagami Hirofumi)	マックス・プランク研究所・Plant Breeding Research・ Group Leader	
研究協力者	豊岡 公徳  (Toyooka Kiminori)	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・上級技師  (82401)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	伊福 健太郎  (Ifuku Kentaro)	京都大学・農学部・教授  (14301)	
研究協力者	武宮 淳史  (Takemiya Atsushi)	山口大学・大学院創成科学研究科・准教授  (15501)	

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			
オランダ	Wageningen University			