

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02455

研究課題名（和文）植物細胞の低温感知部位の解明：低温センサー蛋白質フォトトロピンの細胞内局在

研究課題名（英文）Unraveling the low-temperature sensing organelle in plant cells: intracellular localization of the low-temperature sensor protein, phototropin

研究代表者

児玉 豊（Kodama, Yutaka）

宇都宮大学・バイオサイエンス教育研究センター・教授

研究者番号：00455213

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、植物の低温センサー蛋白質のフォトトロピンが細胞内のどこに局在して低温を感知しているのか、を明らかにすることを目的とした。具体的には、特定の細胞内局在性（細胞膜、細胞質、葉緑体）を持たせた変異型フォトトロピンを作製し、それが発現する細胞を用いて、低温感知が起こるか否かを解析した。その結果、植物細胞は、細胞膜に局在するフォトトロピンを介して低温を感知することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物細胞は、細胞膜に局在するフォトトロピンを介して低温を感知することがわかったため、“植物細胞のどこで低温が感知されるのか”といった生物温度応答の根幹に関わる問いに答えることが可能になった。今後は、細胞膜に局在するフォトトロピンに着目して研究することで、植物の低温応答メカニズムのさらなる解明に繋がると思われる。また本研究成果は、温度感知能を改変した実用植物の開発に繋がる基盤情報となる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the subcellular localization of the plant's cold sensor protein, phototropin, and identify the organelle involved in the low-temperature sensing within the cell. Mutant forms of phototropin were generated with specific subcellular localizations (plasma membrane, cytosol, and chloroplasts), and plant cells expressing these mutant variants were analyzed to determine if they were capable of sensing low temperatures. The findings demonstrated that plant cells sense low temperatures through phototropin localized on the plasma membrane.

研究分野：植物細胞生物学

キーワード：低温センサー 植物細胞 フォトトロピン

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 植物が低温にさらされると、細胞内では、様々な代謝反応が影響を受ける。その結果、バイオマスが低下したり、作物生産性が低下したりする。そのため、植物の低温応答に関しては、低温誘導性の生理現象や遺伝子発現など、数多くの研究が行われてきた。これまで研究代表者は、低温誘導性の葉緑体運動（寒冷逃避反応）に関して研究を行ってきた。寒冷逃避反応とは、約20℃で弱光に集まった葉緑体を約5℃の気温に晒すと、葉緑体が弱光から逃げる現象である。研究代表者は、ゼニゴケ、ホウライシダ、シロイヌナズナを用いて寒冷逃避反応を詳しく解析し、青色光受容体フォトトロピン (PHOT) が低温センサーとして働くことで、寒冷逃避反応を誘導することを明らかにした (Fujii et al. 2017)

(2) 過去の研究において、PHOT は、細胞内の複数箇所（細胞膜・細胞質・葉緑体外包膜・ゴルジ体）に局在することが報告されている。研究代表者のイメージング解析からも、PHOT が細胞内の複数箇所に局在することは確実であったが、どの部位に局在する PHOT が低温センサーとして寒冷逃避反応を制御するのかは不明のままであった。

## 2. 研究の目的

本研究では、細胞内の特定部位だけに PHOT を局在させる技術を確立し、低温感知に関わる PHOT の細胞内局在部位を明らかにすることを目的とした。具体的には、特定の局在性（細胞膜・細胞質・葉緑体外包膜）を持たせた変異型 PHOT の発現細胞において、寒冷逃避反応（低温感知）が起こるか否かを明らかにした。

## 3. 研究の方法

本研究では、「PHOT による低温感知が細胞内のどこで行われているのか」を明らかにするため、(1) 特定の局在性を持つ変異型 PHOT の作製、(2) 変異型 PHOT を発現する形質転換体の作出、(3) 形質転換細胞における寒冷逃避反応の解析、の3つの実験を行った。

## 4. 研究成果

(1) 異種細胞発現系を用いて、苔類ゼニゴケのフォトトロピン (PHOT) 配列における細胞内局在性に関する重要アミノ酸を特定する実験を行ってきた。その結果、PHOT の C 末端側に位置する2つのプロリンをアラニンに置換することによって、PHOT は細胞膜に局在できなくなり、細胞質のみに局在することがわかった（細胞質型 PHOT）。細胞質型 PHOT は、アミノ酸欠失実験によって関与するアミノ酸配列を絞っていき、最終的にはアミノ酸置換によって作製に成功した (Hirano et al. 2022)。また PHOT は、細胞膜から葉緑体外包膜へ移動していることも判明したため、2つのプロリンのアラニン置換によって、葉緑体外包膜への局在性も失わせることができた (Sakata et al. 2019)。

(2) 細胞質型 PHOT を鋳型として、細胞内局在化配列を付加した細胞内局在改変 PHOT と蛍光タンパク質 Citrine との融合タンパク質を発現するプラスミドを構築することにした。野生型 PHOT は、細胞質・細胞膜・葉緑体周囲・ゴルジ体に局在すると考えられるが、ゼニゴケ細胞において PHOT-Citrine 融合タンパク質を観察した結果、ゴルジ体には常時局在していると考えにくかった (Sakata et al. 2019)。そのため、ゴルジ体型 PHOT が低温センサーとして機能する可能性は極めて低いと思われた。そこで本研究では、細胞質型 PHOT に細胞内局在化配列を付加した細胞膜型 PHOT および葉緑体周囲型 PHOT のみの構築を行った。

細胞質型 PHOT・細胞膜型 PHOT・葉緑体周囲型 PHOT のそれぞれと Citrine 蛍光タンパク質との融合タンパク質をアガートラップ法（アグロバクテリウムを用いた簡便なゼニゴケ形質転換法）によって *phot* 変異体ゼニゴケに発現させた。その結果、ゼニゴケの無性芽細胞において、それぞれの Citrine 蛍光は、目的の細胞内部位のみで確認された（図1）。この作出過程で、形質転換ゼニゴケの数が増加して管理が煩雑となったため、形質転換ゼニゴケの保存方法も開発した (Takahashi and Kodama 2020;2021)。

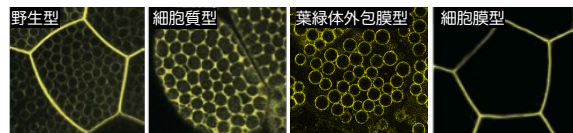


図1. 野生型と変異型（細胞質型・葉緑体外包膜型・細胞膜型）の PHOT と Citrine 蛍光タンパク質を融合してゼニゴケ細胞内で観察した。

(3) 微光束照射装置を付加した温度制御顕微鏡などを用いて、細胞質型 PHOT・葉緑体周囲型 PHOT・細胞膜型 PHOT を発現するゼニゴケ無性芽細胞における葉緑体運動を解析した。その結果、細胞質型 PHOT および葉緑体周囲型 PHOT は、低温を感知することができず、葉緑体の寒冷逃避反

応を誘導できないことがわかった。つまり、細胞質および葉緑体周囲は、葉緑体の寒冷逃避反応を誘導するために必要な低温感知に関わらない細胞画分である (表 1)。

一方、細胞膜型 PHOT は、細胞質型 PHOT や葉緑体周囲型 PHOT とは異なり、低温を感知し、葉緑体の寒冷逃避反応を誘導できることがわかった。つまり、細胞膜は、葉緑体の寒冷逃避反応を誘導するために必要な低温感知に関わる細胞画分である (表 1)。

本研究の結果、植物細胞は、細胞膜に局在する低温センサー分子の PHOT を介して低温を感知していることが明らかとなった (表 1) (Hirano et al. 2022)。

表 1. PHOT の細胞内局在と植物細胞の低温感知との関係

PHOTの細胞内局在	植物細胞の低温感知
野生型 (細胞質・葉緑体外包膜・細胞膜)	+
細胞質	-
葉緑体外包膜	-
細胞膜	+

(4) 研究過程では、その他の様々なことも明らかになった。①本研究で明らかにした PHOT の細胞膜局在化に関わる C 末端側の 2 つのプロリンは、PHOT に類似のタンパク質群で保存されていることがわかった。いくつかのタンパク質における 2 つのプロリンに点変異を導入したところ、細胞膜局在性が失われた。この結果は、PHOT が有している細胞膜局在化機構が他のタンパク質でも保存されている可能性を示している。②植物細胞の低温感知能は、PHOT の発現量が高ければ高いほど上昇することがわかった (Fujii et al. 2020)。細胞膜に局在する PHOT は、発現量に依存して、細胞の低温感知能を変化させることが示唆された。③ゼニゴケ PHOT の青色光感知および温度感知に関わる 2 つの LOV ドメインの性質を明らかにした (Kato et al. 2021)。④寒冷逃避反応の際には、細胞膜局在の PHOT が小胞体局在のレティキュロンタンパク質と相互作用して、小胞体の構造を変化させることで葉緑体を円滑に移動させていることもわかった (Ishikawa et al. 2022)。⑤PHOT を介した葉緑体運動の研究に適した植物種も発見した (Yong et al. 2021; Yong and Kodama 2023)。

(5) 植物の温度感知に関わる分子とその機能をまとめた総説を発表した (Noguchi and Kodama, 2022)。

#### <引用文献>

- Fujii Y, Tanaka H, Konno N, Ogasawara Y, Hamashima N, Tamura S, Hasegawa S, Hayasaki Y, Okajima K, Kodama Y (2017) Phototropin perceives temperature based on the lifetime of its photoactivated state. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(34) 9206–9211.
- Fujii Y, Ogasawara Y, Takahashi Y, Sakata M, Noguchi M, Tamura S, Kodama Y (2020) The cold-induced switch in direction of chloroplast relocation occurs independently of changes in endogenous phototropin levels. *PLOS ONE* 15(5) e0233302.
- Hirano S, Sasaki K, Osaki Y, Tahara K, Takahashi H, Takemiya A, Kodama Y (2022) The localization of phototropin to the plasma membrane defines a cold-sensing compartment in *Marchantia polymorpha*. *PNAS Nexus* 1(2) pgac030.
- Ishikawa K, Konno R, Hirano S, Fujii Y, Fujiwara M, Fukao Y, Kodama Y (2022) The endoplasmic reticulum membrane-bending protein RETICULON facilitates chloroplast relocation movement in *Marchantia polymorpha*. *The Plant Journal* 111(1) 205–216.
- Kato S, Takahashi Y, Fujii Y, Sasaki K, Hirano S, Okajima K, Kodama Y (2021) The photo-thermochemical properties and functions of *Marchantia* phototropin encoded by an unduplicated gene in land plant evolution. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology* 224 112305.
- Noguchi M, Kodama Y (2022) Temperature sensing in plants: on the dawn of molecular thermosensor research. *Plant & Cell Physiology* 63(6) pcac033.
- Sakata M, Kimura S, Fujii Y, Sakai T, Kodama Y (2019) Relationship between relocation of phototropin to the chloroplast periphery and the initiation of chloroplast movement in *Marchantia polymorpha*. *Plant Direct* 3(8) e00160.
- Takahashi H, Kodama Y (2020) CRUNC: a cryopreservation method for unencapsulated gemmae of *Marchantia polymorpha*. *PeerJ* 8 e10174–e10174.
- Takahashi H, Kodama Y (2021) Culture-based preservation of *Marchantia polymorpha* gemmalings and thalli without encapsulation, drying, or freezing. *Plant Biotechnology* 38(4) 449–452.
- Yong L-K, Tsuboyama S, Kitamura R, Kurokura T, Suzuki T, Kodama Y (2021) Chloroplast relocation movement in the liverwort *Apopellia endiviifolia*. *Physiologia Plantarum* 173(3) 775–787.
- Yong L-K, Kodama Y (2023) Dark-induced chloroplast relocation depends on actin filaments in the liverwort *Apopellia endiviifolia* along with the light- and cold-induced relocations. *Plant, Cell & Environment* 46(6) 1822–1832.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Hitomi T, Kodama Y	4. 巻 8
2. 論文標題 CRUNC: a cryopreservation method for unencapsulated gemmae of <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 e10174 ~ e10174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj.10174	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 Sakata M, Kimura S, Fujii Y, Sakai T & Kodama Y	4. 巻 3
2. 論文標題 Relationship between relocation of phototropin to the chloroplast periphery and the initiation of chloroplast movement in <i>Marchantia polymorpha</i> .	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Direct	6. 最初と最後の頁 e00160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pld3.160	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 Fujii Y, Ogasawara Y, Takahashi Y, Sakata M, Noguchi M, Tamura S & Kodama Y	4. 巻 15
2. 論文標題 The cold-induced switch in direction of chloroplast relocation occurs independently of changes in endogenous phototropin levels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0233302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0233302	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 坂田桃子、児玉豊	4. 巻 32
2. 論文標題 タイムゲート法と光変換型蛍光タンパク質とを組み合わせた細胞内タンパク質局在過程の追跡.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Morphology	6. 最初と最後の頁 27-30
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 児玉豊	4. 巻 54
2. 論文標題 葉緑体の寒冷逃避反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 植物の生長調節	6. 最初と最後の頁 44-48
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 -

1. 著者名 児玉豊	4. 巻 97
2. 論文標題 植物はどうやって温度を感じるのか	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生物工学	6. 最初と最後の頁 352
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 Tsuboyama S, Kodama Y	4. 巻 35
2. 論文標題 Highly efficient G-AgarTrap-mediated transformation of the Marchantia polymorpha model strains Tak-1 and Tak-2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 399 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.18.0917a	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 児玉豊	4. 巻 57
2. 論文標題 植物が温度を感じる仕組み ようやく発見！植物の温度センサー分子	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 21-28
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 Yong L K, Tsuboyama S, Kitamura R, Kurokura T, Suzuki T, Kodama Y	4. 巻 173
2. 論文標題 Chloroplast relocation movement in the liverwort <i>Apocellia endiviifolia</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 <i>Physiologia Plantarum</i>	6. 最初と最後の頁 775 ~ 787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ppl.13473	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 S, Takahashi Y, Fujii Y, Sasaki K, Hirano S, Okajima K, Kodama Y	4. 巻 224
2. 論文標題 The photo-thermochemical properties and functions of <i>Marchantia phototropin</i> encoded by an unduplicated gene in land plant evolution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 <i>Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology</i>	6. 最初と最後の頁 112305 ~ 112305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotobiol.2021.112305	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 Takahashi H, Kodama Y	4. 巻 38
2. 論文標題 Culture-based preservation of <i>Marchantia polymorpha</i> gemmalings and thalli without encapsulation, drying, or freezing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 <i>Plant Biotechnology</i>	6. 最初と最後の頁 449 ~ 452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.21.0902a	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 Noguchi M, Kodama Y	4. 巻 63
2. 論文標題 Temperature Sensing in Plants: On the Dawn of Molecular Thermosensor Research	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 <i>Plant and Cell Physiology</i>	6. 最初と最後の頁 737 ~ 743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcac033	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 Hirano S, Sasaki K, Osaki Y, Tahara K, Takahashi H, Takeniya A, Kodama Y	4. 巻 1
2. 論文標題 The localization of phototropin to the plasma membrane defines a cold-sensing compartment in <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PNAS Nexus	6. 最初と最後の頁 pgac030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pnasnexus/pgac030	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 K, Konno R, Hirano S, Fujii Y, Fujiwara M, Fukao Y, Kodama Y	4. 巻 111
2. 論文標題 The endoplasmic reticulum membrane bending protein RETICULON facilitates chloroplast relocation movement in <i>Marchantia polymorpha</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 205 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.15787	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 Yong L K, Kodama Y	4. 巻 46
2. 論文標題 Dark induced chloroplast relocation depends on actin filaments in the liverwort <i>Apocellia endiviifolia</i> along with the light and cold induced relocations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 1822 ~ 1832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.14566	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21件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 児玉豊
2. 発表標題 フォトトロピンの温度感知を介した葉緑体運動スイッチング
3. 学会等名 第84回日本植物学会大会 (名古屋・オンライン) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋大和、加藤翔太、岡島公司、児玉豊
2. 発表標題 ゼニゴケのフォトトロピンが持つLOVドメインの光化学特性
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会大会（松江・オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野口穂、児玉豊
2. 発表標題 ゼニゴケのフォトトロピンにおけるLOV1ドメインを介した二量体化機構の解析
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会大会（松江・オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 児玉豊
2. 発表標題 光受容体による温度感知を介した植物オルガネラ配置制御
3. 学会等名 新学術領域「分子夾雑の生命化学」第2回関東シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Kodama
2. 発表標題 Temperature perception by phototropin to optimize chloroplast positioning
3. 学会等名 Cold Spring Harbor Asia conference on Plant Cell and Development Biology（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 坂田桃子、児玉豊
2. 発表標題 青色光受容体フォトトロピンの細胞内移動経路
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会（仙台）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Momoko Sakata, Yutaka Kodama
2. 発表標題 Intracellular transport pathway of blue-light receptor phototropin in <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 International <i>Marchantia</i> Workshop（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Momoko Sakata, Yutaka Kodama
2. 発表標題 Intracellular relocation of a blue-light photoreceptor phototropin in <i>Marchantia polymorpha</i>
3. 学会等名 Chemistry and Plant Biology（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木琴子、大崎益秀、児玉豊
2. 発表標題 細胞質型フォトトロピンは葉緑体の逃避反応と寒冷逃避反応を誘導できない。
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会・名古屋
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木 琴子、大崎 益秀、児玉 豊
2. 発表標題 細胞内局在性を改変した青色光受容体フォトトロピンを用いた葉緑体定位運動の解析
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会・横浜
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 児玉 豊
2. 発表標題 植物の温度感知：光受容体フォトトロピンは温度センサーである
3. 学会等名 第3回 Biothermology Workshop・岡崎（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 児玉 豊
2. 発表標題 葉緑体運動に関わる温度感知機構の解明
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会・名古屋（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 児玉 豊
2. 発表標題 植物における光受容体による温度感知
3. 学会等名 日本生態学会 第66回大会・神戸（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 児玉 豊
2. 発表標題 低温誘導性の葉緑体配置を制御する温度センサーの発見
3. 学会等名 日本作物学会 第247回講演会・つくば（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 児玉 豊
2. 発表標題 低温誘導性の葉緑体運動：青色光受容体フォトトロピンは温度受容体である
3. 学会等名 東京農工大学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaka Kodama
2. 発表標題 Phototropin is thermosensory protein for chloroplast movement
3. 学会等名 Japan-Taiwan Plant Biology 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Kodama
2. 発表標題 Cold stress sensing by phototropin to control chloroplast positioning
3. 学会等名 35th IPSR International Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Kodama
2. 発表標題 Molecular and cellular temperature sensing for chloroplast positioning
3. 学会等名 Chemistry and Plant Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野口穂、児玉豊
2. 発表標題 ゼニゴケにおいてフォトトロピンの二量体化は葉緑体運動に必須ではない
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 石川 一也、今野 涼太、藤井 雄太、藤原 正幸、深尾 陽一朗、児玉 豊
2. 発表標題 ER 膜屈曲の調節因子であるレティ キュロンはゼニゴケにおいて葉緑体定 位運動を促進する
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 高橋大和、児玉豊
2. 発表標題 ゼニゴケの青色光受容体フォトトロピンが持つ2つのLOVドメインによる競合的な発色団結合
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センター 児玉研究室  
<http://c-bio.mine.utsunomiya-u.ac.jp/kodama/>

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	陽川 憲  (Yokawa Ken)  (60750908)	北見工業大学・工学部・准教授    (10106)	

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