

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02966

研究課題名(和文) C4植物で普遍的に起こる葉肉葉緑体凝集運動の誘導機構と生理的役割の解明

研究課題名(英文) Studies on the induction mechanism and physiological role of chloroplast aggregative movements commonly observed in mesophyll cells of C4 plants

研究代表者

谷口 光隆 (Taniguchi, Mitsutaka)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：40231419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：C4植物が環境ストレスを受けると、葉肉細胞の周縁部に散在している葉緑体は維管束鞘細胞側に移動する“凝集運動”を起こす。本研究では、凝集運動の誘導機構と生理的役割を解明することを目的として研究を行い、以下の成果を得た。

C4植物における凝集運動の普遍性を3種のC4サブタイプを含む異なる11の進化系統に渡る計36種のC4植物において確認した。葉内CO<sub>2</sub>濃度の低下は青色光下での凝集運動を促進する。凝集運動は明所下での低温ストレスによっても起こる。凝集運動の誘導に光呼吸が関与している可能性がある。C3植物の葉肉葉緑体では凝集配置とは異なる偏在配置が生じる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

凝集運動は、高温、強光、乾燥などの過酷な環境下でも旺盛に生育するC4植物が獲得した生存戦略の一つである可能性が高い。凝集運動がC4植物全般で起こるとともに、低温ストレスでも誘導され、葉内CO<sub>2</sub>濃度低下や光呼吸との関連性が示されたことから、この葉緑体運動がストレス下での光合成能維持やストレス耐性能発揮のために重要であることがより鮮明となった。今後、運動の分子機構を明らかにし、作物の光合成能やストレス耐性能向上のための新たな分子基盤を提供できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：When C4 plants are exposed to environmental stresses, mesophyll chloroplasts scattered at the cell periphery undergo "aggregative movement" toward bundle sheath cells. In this study, we aimed to elucidate the induction mechanism and physiological role of the aggregative movement, and obtained the following results.

(1) The universality of aggregative movement in C4 plants was confirmed in a total of 36 C4 plant species across 11 different evolutionary lineages, including three C4 subtypes. (2) Decrease in CO<sub>2</sub> concentration in leaves promotes aggregative movement under blue light. (3) The aggregative movement is also induced by low temperature stress under light. (4) Photorespiration may be involved in the induction of aggregative movement. (5) A different maldistribution of chloroplasts from the aggregative arrangement occurs in mesophyll cells of C3 plants.

研究分野：作物生理生化学

キーワード：C4植物 葉緑体 光合成 環境ストレス 葉緑体運動 CO<sub>2</sub> 葉肉細胞 シコクビエ

## 1. 研究開始当初の背景

C<sub>4</sub>植物の葉組織では、維管束の周りを維管束鞘細胞が取り囲み、さらにその外側を1層の葉肉細胞が放射状に取り巻いている。その両光合成細胞を一巡するC<sub>4</sub>回路がCO<sub>2</sub>濃縮ポンプとして働き、維管束鞘葉緑体に局在するリブローズ-1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(Rubisco)近傍のCO<sub>2</sub>濃度を高めることで、C<sub>4</sub>植物は高い光合成能と環境ストレス耐性能を獲得している。C<sub>4</sub>植物はC<sub>3</sub>植物から段階的に進化したと考えられており、その進化過程で細胞構造、オルガネラ配置、酵素局在、ストレス応答など様々な面での細胞分化が起こっている。

両光合成細胞内の葉緑体は異なる細胞内配置をとる。葉肉葉緑体が細胞周縁部に散在している一方、維管束鞘葉緑体は維管束側あるいは葉肉細胞側に局在しており、どちらに局在するかは植物種によって異なる。申請者らは、強光、塩、乾燥などの環境ストレスに応答して葉肉葉緑体が維管束鞘細胞側に移動する“凝集運動”を見出した<sup>1)</sup>(図1)。さらに、真夏の炎天下で育つC<sub>4</sub>植物でも凝集運動が観察されたことから、凝集運動は過酷かつ複合的な自然環境下で生育するC<sub>4</sub>植物のストレス応答の一つだと推察している<sup>2)</sup>。また、葉小片にアブシジン酸(ABA)溶液を浸透させ青色光を照射することでも凝集運動が誘導されることから、気孔閉鎖などの生理応答、フォトトロピンを介したシグナル伝達などが凝集運動の誘導に関与していると考えられる<sup>3)</sup>。さらに、①ストレスに伴い葉の光合成速度、気孔コンダクタンスおよび蒸散速度が低下するにつれ凝集運動もより顕著に起こる、②生葉を水に浸漬して青色光照射することで凝集運動が誘導されることを見出した。したがって、葉内CO<sub>2</sub>濃度の低下が凝集運動誘発の引き金となっており、環境ストレス下での凝集運動は、気孔閉鎖による葉内CO<sub>2</sub>濃度低下が主要因ではないかと考えられた。

このように、葉緑体凝集運動を引き起こす要因の解明は進みつつあるが、未解明な点も多い。すなわち、葉緑体はCO<sub>2</sub>濃度の相対的に高い領域に向かって移動するのか、細胞あるいは葉緑体がCO<sub>2</sub>濃度や誘導因子をどのように認識しているのか、葉肉細胞が維管束鞘細胞側を認識して葉緑体を方向性をもって動かすメカニズムはどのようなものか、凝集運動にどのような生理的役割があるのか、そして、凝集運動の増強やC<sub>3</sub>植物への付与は光合成能やストレス耐性能向上に繋がるのかなど、様々な疑問を我々は抱いていた。

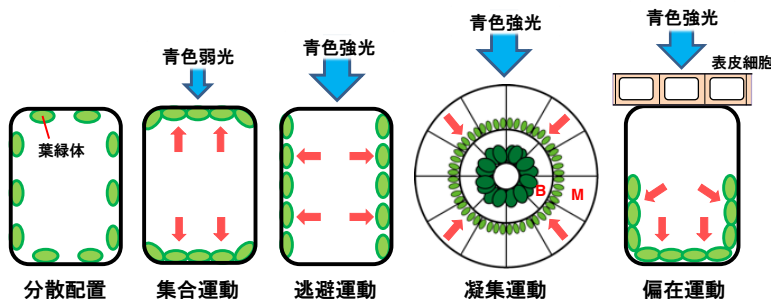


図1 葉緑体運動. 細胞周縁部に“分散配置”している葉緑体は、青色弱光下で光の入射方向と垂直な細胞面を集まる“集合運動”を起こして光を捕集しようとする。強青色光下では葉緑体が光の入射方向と平行な細胞壁側へ移動する“逃避運動”を起こして、過剰光による光障害を低減させようとする。C<sub>4</sub>植物においては、葉肉細胞(M)の葉緑体が維管束鞘細胞(B)側に移動する“凝集運動”が起こる。本研究では、C<sub>3</sub>植物において、表皮細胞直下の葉肉細胞の葉緑体が葉組織の内側に向かって移動する“偏在運動”を見出した。細胞内の矢印は葉緑体の移動方向を示す。

## 2. 研究の目的

C<sub>3</sub>植物において、葉緑体光定位運動(弱光下で葉緑体が光を求めて集まる“集合運動”と強光下で葉緑体が光を避けるように移動する“逃避運動”)(図1)についての研究が進んでいる。その葉緑体移動の方向は入射光に対して平行または垂直であるのに対して、C<sub>4</sub>植物の葉緑体凝集運動は光の入射方向に関わらず維管束鞘細胞側への移動であり、両葉緑体運動の生理的意義や分子機構には異なる面があることが予想される。また、乾燥や塩などの環境ストレスに応答して葉肉葉緑体が凝集運動するC<sub>4</sub>植物の生理応答はC<sub>3</sub>植物には見られないものであり、高温、強光、乾燥などの過酷な環境下でも旺盛に生育するC<sub>4</sub>植物が獲得した生存戦略の一つである可能性が高い<sup>4)</sup>。したがって、凝集運動の生理的役割と分子機構を明らかにすることで、作物の更なる機能改良を行うにあたっての新たな分子基盤を提供できると考える。

本研究の目的は、①C<sub>4</sub>植物に見られる凝集運動の生理的役割の解明、②凝集運動の誘導機構の解明を行い、C<sub>4</sub>植物が発揮する高い光合成能およびストレス耐性能の一要因として葉緑体凝集運動を位置づけられるかを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

#### (1) C<sub>4</sub>植物における凝集運動の普遍性の検証

C<sub>4</sub>植物を人工気象室(明期 14 時間、28°C、光強度約 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  / 暗期 10 時間、20°C、湿度 60%)内で 2~3 週間生育させた。各植物体の完全展開葉の葉身中央部から 5 mm 四方の葉片を切り出し、0.06%エタノール溶液( $\pm 30 \mu\text{M ABA}$ )中で脱気後、同溶液に浮かべて青色 LED 光(500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )を葉の向軸側から 8 時間照射した。次いで、葉切片を化学固定後、葉の横断切片を光学顕微鏡で観察した。

#### (2) 葉内・外 CO<sub>2</sub>濃度低下に伴う凝集運動の促進

NAD-ME 型 C<sub>4</sub>植物であるシコクビエを人工気象室で約 3 週間生育させた。最上位完全展開葉を光合成蒸散測定装置(LCpro+, ADC BioScientific Ltd.)のチャンバーに挟み、チャンバー内に流入する CO<sub>2</sub>濃度を変えて青色または赤色 LED 光(500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )を葉の向軸側から 4 時間照射した。その後、CO<sub>2</sub>同化速度などを測定するとともに、葉の横断切片を光学顕微鏡で観察した。

#### (3) 低温ストレスに伴う凝集運動の誘導

人工気象室(明期 14 時間、28°C、光強度 250  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  / 暗期 10 時間、20°C)内で約 2 週間生育したシコクビエを、11 月~12 月の野外へ移動させ、葉身の CO<sub>2</sub>ガス交換速度、クロロフィル蛍光ならびに葉緑体の細胞内配置を経時的に調べた。

人工気象器(明期 14 時間、28°C、光強度 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  / 暗期 10 時間、20°C)生育のシコクビエ植物体を、常温強光区(28°C、白色 LED による補光 1,100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )、低温生育光区(18°C、160  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )、または低温強光区(18°C、白色 LED による補光 1,100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )の人工気象器に移動させ、葉身の CO<sub>2</sub>同化速度、クロロフィル蛍光ならびに葉緑体の細胞内配置を経時的に調べた。

#### (4) 葉緑体凝集運動の誘導因子の探索

シコクビエ葉片を各種阻害剤溶液中で脱気処理を行った。また、葉身と葉鞘の連結部(ラミナジョイント)で切り取った葉身の基部を溶液に浸け、明所下で 3 時間静置した。凝集運動誘引物質候補としてグリセリン酸および 3-ホスホグリセリン酸(3-PGA)、光呼吸の阻害剤としてアミノアセトニトリルとアミノメタンスルホン酸、ミトコンドリア電子伝達反応阻害剤として n-プロピルガレートおよびロテノンを用いた。各溶液で脱気した葉片は、同溶液を満たしたシャーレに浮かべ、切り葉は吸水部以外の葉身部分を白色トレーに満たした蒸留水に沈めた。次いで、葉の向軸側から青色 LED 光(500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )を照射し、4 時間後に葉片脱気の場合はそのまま取り出し、切り葉吸水の場合は取り出した葉身中央部から 5 mm 四方の葉片を切り出し、化学固定を行った上で、葉の横断切片を光学顕微鏡観察した。

#### (5) C<sub>3</sub>植物葉肉葉緑体の偏在配置の誘導

3~5 週間生育させた C<sub>3</sub>単子葉および双子葉植物の最上位展開葉を用いた。凝集運動誘導に用いられる以下の 3 種類の処理を行った。①脱気・青色光照射処理: 葉身中央部から 5 mm 四方の葉片を切り出し、0.06%エタノール溶液( $\pm 30 \mu\text{M ABA}$ )中で脱気後、同溶液に向軸側を上にして浮かべ、青色 LED 光(500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )に向軸側から照射。②水没・青色光照射処理: 葉身を個体から切断せずに水没させ、向軸側から青色 LED 光を照射。③環境ストレス処理: 9 日間の 3%NaCl 水溶液の投与または灌水停止。①~③の各処理後、化学固定し、葉の横断切片を光学顕微鏡で観察した。

### 4. 研究成果

#### (1) C<sub>4</sub>植物における凝集運動の普遍性の検証

C<sub>4</sub>植物の葉肉葉緑体における凝集運動誘導の普遍性については、イネ科植物を中心とした単子葉植物において確認していたが、C<sub>4</sub>双子葉植物も含め調査対象を広めて凝集運動誘導の有無を検証した。その結果、ヒユ科の幾つかの C<sub>4</sub>種においても明白な凝集運動が観察された。以前の観察結果と統合すると、3 種の C<sub>4</sub>サブタイプを含む異なる 11 の進化系統に渡る計 36 種の C<sub>4</sub>植物において凝集運動が確認され、進化系統やサブタイプに関わらない単子葉・双子葉 C<sub>4</sub>植物に共通した生理応答だと考えられた。

## (2) 葉内・外 CO<sub>2</sub> 濃度低下に伴う凝集運動の促進

シコクビエ生葉が曝される葉外 CO<sub>2</sub> 濃度を変化させ青色光照射すると、葉外および葉内の CO<sub>2</sub> 濃度が低下するにつれて凝集運動が促進された。しかし、高 CO<sub>2</sub> 濃度 (800 ppm) 下での青色光照射によっても弱い凝集運動が観察された。一方、暗所や赤色光下での低 CO<sub>2</sub> 暴露では凝集運動は起こらなかった。したがって、葉内 CO<sub>2</sub> 濃度の低下自体が凝集運動を直接的に引き起こしているわけではないが、青色光下での凝集運動を促進する因子だと考えられた。

## (3) 低温ストレスに伴う凝集運動の誘導

人工気象室内 (明期 28°C、光強度 250 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) で生育中のシコクビエ植物体を晩秋の晴天野外へ昼間 (21~22°C、1,100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) に移動させると、葉肉葉緑体の凝集運動が観察された。その後引き続いて野外放置すると、日没後 (9°C) には葉緑体が細胞内に分散配置する傾向が見られた。また、野外の遮光した場所 (80 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) に移動させると凝集運動は見られなかった。したがって、葉緑体凝集運動は、低温かつ強光条件下でも誘導されることが明らかとなった。

植物体を人工気象器間で移動させ、低温 / 強光ストレス後の葉緑体配置を観察したところ、常温生育光区 (28°C、160 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) から低温強光区 (18°C、1,100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) への移動の方が常温強光区 (28°C、1,100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) への移動よりも顕著な凝集運動が起こっていた。また、低温生育光区 (18°C、160 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) への移動でも凝集運動が見られたが、低温強光区への移動の方がより強く凝集運動が起こる傾向が見られた。また、低温強光区への移動では光阻害が起こっていた。以上より、明所下での低温シフトが凝集運動誘導の一要因だと考えられた。低温下では代謝活性が低下し、強光に伴う光阻害がより顕著になりやすく、凝集運動が誘導されやすいと考えられた。

## (4) 葉緑体凝集運動の誘導因子の探索

凝集運動では葉肉細胞の葉緑体が維管束鞘細胞側に向かって移動することから、維管束鞘細胞から移動してくる物質に葉緑体が誘引されて凝集運動している可能性が考えられる。そこで、維管束鞘細胞から葉肉細胞に移動し凝集運動誘導因子として機能する候補として、維管束鞘細胞の光呼吸経路で生じる CO<sub>2</sub> やグリセリン酸、維管束鞘細胞と葉肉細胞間の還元力シャトルとして働く 3-PGA、ミトコンドリア呼吸で生じる CO<sub>2</sub> を考えた。まず、グリセリン酸や 3-PGA をシコクビエ葉に投与して両細胞間の濃度勾配を攪乱させ凝集運動の誘導処理を行ったところ、凝集運動の抑制は見られなかった。また、ミトコンドリア呼吸阻害剤を投与した葉でも凝集運動の抑制は見られなかった。一方、光呼吸阻害剤溶液をシコクビエ切り葉に吸水させ誘導処理を行ったところ、凝集運動の弱い抑制が確認された。以上より、凝集運動の誘導に光呼吸が関与している可能性が見出されたが、今後詳細な解析を行って誘導因子の同定に繋げたい。

## (5) C<sub>3</sub> 植物の葉肉細胞で新たに見出された葉緑体の偏在配置

C<sub>3</sub> 植物の葉片の脱気と青色光照射処理によって、向・背軸両側の表皮細胞直下の葉肉細胞の葉緑体が葉組織内部方向へ“偏在”配置する現象を見出した (図 1, 2)。処理前の葉肉細胞の葉緑体は、細胞膜周辺に分散して配置している (図 2 A, B)。脱気・青色光照射処理を行うと、ABA の有無に関わらず、表皮細胞直下の葉肉細胞においてのみ葉緑体の偏在配置が観察された (図 2 C, D)。この偏在配置の特徴として、①多層から成る葉肉細胞のうち、向・背軸両側の表皮細胞直下の細胞でのみ生じること、②葉緑体が葉組織の内側に向かって偏って配置し、集合・逃避運動の配置とは異なること、が挙げられる。この偏在配置は、複数種の単子葉植物 (コムギ、オオムギ、ツルクサ) および双子葉植物 (シロイヌナズナ、アサガオ、コマツナなど) で観察された。

コムギにおいてさらに詳細な観察を行ったところ、偏

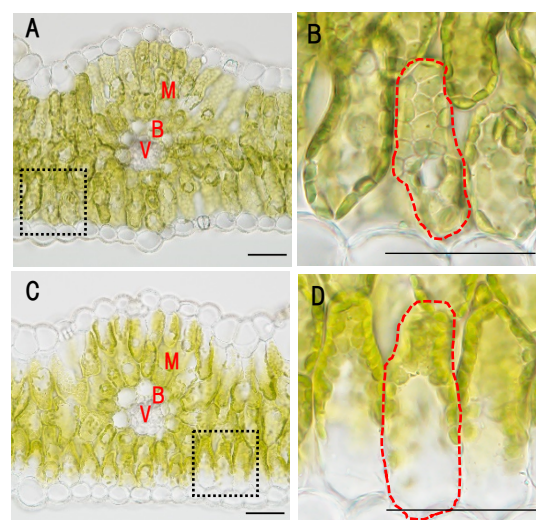


図2 脱気・青色光処理に伴う葉肉葉緑体の偏在配置 (コムギの例)

(A) 処理前の葉横断面. (B) A 枠内の拡大図. 1 個の葉肉細胞を点線で示している. (C) 脱気・青色光 8 時間照射処理後の葉横断面. (D) C 枠内の拡大図. 各画像の上側が葉の向軸側である. B: 維管束鞘細胞, M: 葉肉細胞, V: 維管束. Scale bars = 50 μm.

在配置は葉片の脱気・青色光照射処理の開始から2時間以内に生じており、生葉の水没・青色光照射処理では観察されたが、環境ストレス(塩、乾燥)処理では観察されなかった。また、脱気・青色光照射処理時に葉片を浮かべている溶液下の背景色を白から黒に変更すると、光照射面と反対側(背軸側)の葉肉細胞で偏在配置が見られなかった。このことから、偏在運動は白背景の場合、向軸側は入射光に、背軸側は反射光によって誘導されるが、黒背景の場合は反射光が弱まっていたため、入射光によって向軸側のみ誘導がなされたと考えられた。さらに、ツユクサの表皮を剥離して誘導処理を行ったところ葉肉葉緑体の偏在配置が観察され、偏在運動は表皮細胞の影響を受けないことが判明した。以上の結果より、葉緑体偏在配置は、C<sub>3</sub>植物において葉組織を水没または脱気した状態で青色強光を照射することで誘導され、表皮細胞の存在とは関係がなく、入射光および反射光の影響を受ける応答であることが明らかとなった。今後、その偏在配置の生理的役割や葉緑体運動の誘導因子について解析を進めたい。

<引用文献>

1. Yamada M., Kawasaki M., Sugiyama T., Miyake H. and Taniguchi M. (2009) Differential positioning of C<sub>4</sub> mesophyll and bundle sheath chloroplasts: Aggregative movement of C<sub>4</sub> mesophyll chloroplasts in response to environmental stresses. *Plant Cell Physiol* 50: 1736-1749.
2. Maai, E., Miyake, H. and Taniguchi, M. (2011) Differential positioning of chloroplasts in C<sub>4</sub> mesophyll and bundle sheath cells. *Plant Signal Behav* 6: 1111-1113.
3. Maai E., Shimada S., Yamada M., Sugiyama T., Miyake H. and Taniguchi M. (2011) The avoidance and aggregative movements of mesophyll chloroplasts in C<sub>4</sub> monocots in response to blue light and abscisic acid. *J Exp Bot* 62: 3213-3221.
4. Taniguchi M. and Cousins A.B. (2018) Significance of C<sub>4</sub> leaf structure at the tissue and cellular levels. *In The Leaf: A Platform for Performing Photosynthesis* (Adams III W.W. and Terashima I. eds.) *Advances in Photosynthesis and Respiration* 44, pp. 255-279 Springer.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kato Y, Tsukaguchi T, Yata I, Yamamura R, Oi T, Taniguchi T.	4. 巻 294
2. 論文標題 Aggregative movement of mesophyll chloroplasts occurs in a wide variety of C4 plant species.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Flora	6. 最初と最後の頁 152133
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.flora.2022.152133	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 Ouk R, Oi T, Sugiura D, Taniguchi T.	4. 巻 130(7)
2. 論文標題 3-D reconstruction of rice leaf tissue for proper estimation of surface area of mesophyll cells and chloroplasts facing intercellular airspaces from 2-D section images.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 991-998
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/aob/mcac133	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 Kato Y, Oi T, Taniguchi M.	4. 巻 25
2. 論文標題 Aggregative movement of C4 mesophyll chloroplasts is promoted by low CO2 under high intensity blue light.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Biology	6. 最初と最後の頁 563-570
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/plb.13512	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 Yamane K, Oi T, Taniguchi M.	4. 巻 259
2. 論文標題 Evaluation of the validity of large-scale serial sectioning TEM for three-dimensional reconstruction of rice mesophyll cells and chloroplasts.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Protoplasma	6. 最初と最後の頁 1219-1231
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00709-021-01728-9	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13件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ouk R, Oi T, Sugiura D, Taniguchi M.
2. 発表標題 Three-dimensional analysis of the internal structure of rice leaf tissue and the intracellular structure of mesophyll cells under salinity stress.
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 大曽根源, 大井崇生, 河野吉樹, 西内俊策, 佐塚隆志, 杉浦大輔, 谷口光隆.
2. 発表標題 ソルガム個体群における階層別光合成特性の解析.
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田芽依奈, 谷口光隆, 大井崇生
2. 発表標題 異なる濃度の窒素施肥で育てたC4雑穀シコクピエ葉身の光合成細胞の三次元形態解析.
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ouk R, Oi T, Taniguchi M.
2. 発表標題 Three-dimensional analysis on the internal structure of rice leaf tissue and the intracellular structure of mesophyll cells.
3. 学会等名 The 10th Asian Crop Science Association Conference (ACSAC 10) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤優太, 大井崇生, 谷口光隆.
2. 発表標題 CO2によるC4植物の葉肉葉緑体における凝集配置の制御.
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大井崇生, 松永隼, 前田芽依奈, 菊谷里美, 谷口光隆.
2. 発表標題 卓上SEMによる連続切片-三次元再構築法を用いた葉緑体の形状と細胞内配置の解析.
3. 学会等名 日本植物形態学会第33回総会・大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松永隼, 菊谷里美, 谷口光隆, 大井崇生.
2. 発表標題 連続切片-走査型電子顕微鏡法によるシコクピエ葉肉細胞の三次元形態解析.
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第64回シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田芽依奈, 松永隼, 菊谷里美, 谷口光隆, 大井崇生.
2. 発表標題 C4植物シコクピエの葉肉細胞と維管束鞘細胞の三次元構造解析.
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第64回シンポジウム
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 鬼頭朋己, 谷口光隆, 大井崇生.
2. 発表標題 C4植物シコクビエにおける凝集後の葉肉葉緑体の分散に光および大気条件が与える影響.
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢田斉, 大井崇生, 谷口光隆.
2. 発表標題 C3植物の葉肉細胞で新たに見出された葉緑体の偏在配置.
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山根浩二, 大井崇生, 谷口光隆.
2. 発表標題 塩ストレス下におけるイネ葉肉細胞内のオルガネラ間の協調関係と耐塩性との関係. ミニシンポジウム3: 作物の新しい耐塩性機構.
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤優太, 大井崇生, 谷口光隆
2. 発表標題 C4植物黄化実生の葉肉細胞における黄色体の凝集配置.
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ouk R, Oi T, Sugiura D, Taniguchi M.
2. 発表標題 Comparison of methods for calculating mesophyll and chloroplast surface areas facing to intercellular airspaces based on 3D reconstruction models and 2D section images.
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 谷口光隆	4. 発行年 2022年
2. 出版社 培風館	5. 総ページ数 254
3. 書名 2-1章 植物の構造, 2-2章 光合成 (pp.64-76). 「ライフサイエンスのための生物学 改訂版」	

1. 著者名 山根浩二、三屋史朗、大井崇生、谷口光隆	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 500
3. 書名 バイオスティミュラントハンドブック	

〔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	大井 崇生  (Oi Takao)  (60752219)	名古屋大学・生命農学研究科・助教    (13901)	

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