

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03242

研究課題名(和文) 緑藻における光走性-光合成関連の分子機構

研究課題名(英文) Correlation between photosynthesis and phototaxis in Chlamydomonas

研究代表者

若林 憲一 (Wakabayashi, Ken-ichi)

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号：80420248

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はモデル単細胞緑藻クラミドモナスが細胞内の活性酸素種(ROS)の量に応じて光走性の符号(正か負か)を切り替えるメカニズムとその意義を明らかにすることを目的に行った。7種の「常に正」、3種の「常に負」の光走性を示す株の単離に成功した。前者については遺伝子同定には至らなかったが、これらの多くが野生株よりも高い増殖能や強光耐性も高いという意外な発見をした。後者についてはすべて原因遺伝子が同一の機能未知遺伝子のアリルであることがわかった。生理的意義については、ROSを明期であることを示すシグナルとして利用している可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遊泳性の藻類の多くは光環境の変化に応じた行動(光反応行動)を示すが、その意義について明確な回答はない。また、その制御メカニズムについても、光受容体から運動装置制御までの間の経路が解明されたとはいえない。本研究の成果は、これら未解明の問題について部分的に回答できた点で、学術的な意義がある。さらに、近年藻類はクリーンエネルギー源として注目を集めている。光走性と増殖能、強光耐性になんらかの関連を見出したことから、今後「常に正」の株の原因遺伝子を明らかにすることで、次世代のエネルギー開発に寄与する可能性があり、その点で社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to elucidate the mechanism and significance of phototaxis sign switching (positive or negative) by the model unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii* depending on the amount of reactive oxygen species (ROS) in the cell. We succeeded in isolating seven "always positive" and three "always negative" phototaxis strains. Although we were unable to identify the gene for the former, we made the unexpected discovery that many of these strains have higher proliferation capacity and higher tolerance to strong light than the wild strains. For the latter, the causative genes were all found to be alleles of the same gene of unknown function. Regarding the physiological significance, we found the possibility that they use ROS as a signal to indicate that they are in the light stage.

研究分野：細胞生物学

キーワード：緑藻 光走性 鞭毛・繊毛 光合成 活性酸素種

1. 研究開始当初の背景

光合成生物にとって、天候の変化などに応じて目まぐるしく変わる光の方向と強さを正しく感知して、それに応じた生体反応を行うことは、生存戦略の要である。陸上植物は地中に根を下ろして動けず、葉緑体の光定位運動、過剰な光エネルギーの熱放散（光防御）、光合成を司る光化学系間の集光アンテナタンパク質の再配置など、様々な手段で光量や照射方向の変動に対応している。一方で、鞭毛を動かして遊泳する藻類の多くは、上記の光適応メカニズムに加えて光を感知して鞭毛運動を調節する「光走性」を示し、生存に最適な光環境下に移動すると考えられている。（この「最適な光環境下」とは何を指標にした「最適」か？が本研究課題の大きな問いにつながる。）光源方向に近寄ることを「正の光走性」、逆に光源から逃げることを「負の光走性」と呼ぶ。

藻類の光走性は、古くから単細胞緑藻クラミドモナスを材料とした研究が盛んに行われてきた（図1）。クラミドモナスは遺伝学および分子生物学的手法が適用できることから、光走性の研究のみならず、光合成、鞭毛・繊毛、有性生殖など、広い研究分野でモデル生物とみなされている。クラミドモナスは1つの細胞につき1つの眼点（光受容装置）と、2本の鞭毛をもつ。2本の鞭毛を平泳ぎのように動かして遊泳し、光環境に応じて2本の鞭毛の打つ力のバランスを変化させて遊泳方向を変化させ、正または負の光走性を示す。

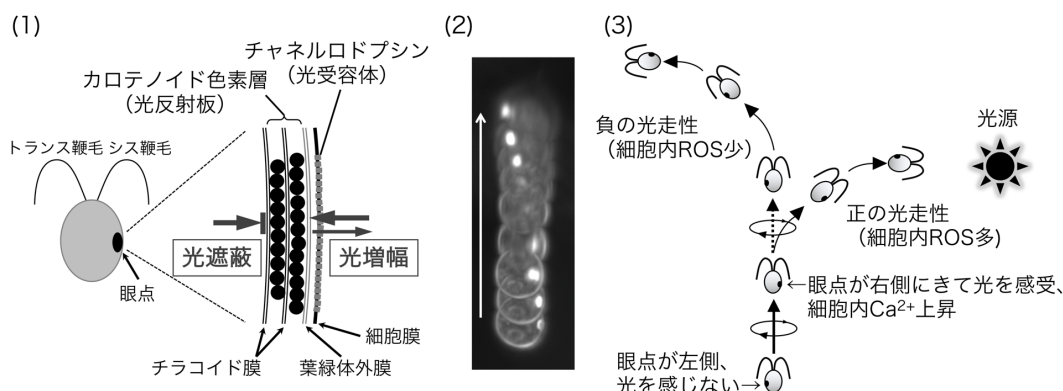


図1 (1)クラミドモナス細胞の模式図と、眼点の高指向性光受容のしくみ。2本の鞭毛は、眼点に近い側がシス鞭毛、遠い側がトランス鞭毛と呼ばれ、区別される。眼点は、細胞膜に局在する光受容タンパク質チャンネルロドプシンと、それを裏打ちするカロテノイド色素層から成る。色素層は光反射板として機能するため、眼点は細胞の外側から照射された光しか感受しない。(2) 遊泳中の細胞の高速度連続写真（矢印は進行方向）。光を反射して輝いて見える眼点に注目すると、細胞が自転していることがわかる。(3) 右に光源がある場合、(1)と(2)の性質から、眼点が右側を向いたときにチャンネルロドプシンが光を受容して陽イオンチャンネルとして機能し、細胞内Ca²⁺濃度が上昇する。2本の鞭毛はCa²⁺感受性が異なり、高Ca²⁺濃度時はトランス鞭毛が強く打ち、光源方向に泳ぐ（正の光走性）。一方、負の光走性を示す際には、このタイミングを自転半周期分遅らせ、眼点が左側を向いたときにトランス鞭毛を強く打つ。正と負の光走性は、細胞内の活性酸素種(ROS)量で切り替わる。

クラミドモナスの光走性の正負の切り替えは、古くから光強度に依存すると考えられてきた。すなわち、弱い光に集まり（正）、強い光から逃げる（負）という説である。しかし、実際には、クローン化された野生株細胞群に同一条件で光を照射すると、正と負の光走性を示す細胞が混在する。またその正負の割合は時々刻々と変化する。そのため、光走性の正負の決定には、光以外の要素が関与している可能性が指摘されていた(Takahashi and Watanabe, 1993 FEBS Lett)。我々は以前、鞭毛が細胞内のレドックス状態(reduction-oxidation, 酸化還元)に応じて運動様式を変えることを発見した(Wakabayashi and King, 2006 J Cell Biol)。その研究を更に進めた結果、細胞内ROS量の変化が光走性の正負を切り替えることを見出した(Wakabayashi et al., 2011 PNAS; Sugiura et al., 2018 BBRC)。つまり、様々な細胞内代謝（光合成や呼吸など）の結果として変動する「細胞内ROS量変化」に応じて鞭毛の強打タイミングが調節され、光走性の正負が切り替わるのである(Nakajima et al., 2020 bioRxiv)。

このように、我々の研究によって光走性の正負の切り替えメカニズムの解明が進んでき

たが、いまだに大きな謎が2つ残っている。

謎1：正負切り替えの調節経路の分子実態

ROSによって鞭毛強打タイミングが制御されるには、細胞内 ROS 量変化の情報が感受され、鞭毛に届けられなければならない。しかし、光走性に関わる ROS センシング・シグナリングの分子実態の情報は皆無と言って良い。

謎2：正負切り替えの生理的意義

「ROS 量が多い」、つまり生体にとってストレス過多の状態で「正の光走性を示す」ことは、より強い光（ストレス）を浴びることにつながる。この、一見すると生存戦略的に矛盾する運動制御には、どのような生理的意義があるのだろうか。この謎を解くことが、本研究計画の問い、つまり「遊泳性の光合成微生物にとっての最適な光環境」が何を指標にしたときの「最適」なのか、の解明につながるだろう。

2. 研究の目的

クラミドモナスにおいて、光合成活性変化が光走性の正負を制御する機序を分子レベルで明らかにすることを目的とする。

具体的には（1）新規光走性変異株の単離と原因遺伝子の同定 （2）光合成活性を変動させる条件下での光走性の観察を行うことで、クラミドモナスがどのような光条件を求めて移動し、その際どのような分子経路が機能するのかを明らかにする。（3）非侵襲的に細胞内の代謝状態を定量する方法を開発する。

3. 研究の方法

（1）新規光走性変異株の単離と原因遺伝子の同定

光走性の ROS 制御が異常な変異株を単離する。具体的には、クラミドモナス野生株にパロモマイシン耐性遺伝子カセットをランダムに挿入して変異株ライブラリーを作成する。正の光走性を誘導する ROS 添加条件、負の光走性を誘導する ROS 消去剤添加条件下においてそれぞれ負、正の光走性を示す変異株を単離する。これらの中から「符号逆転」「常に正」「常に負」の光走性を示す変異株に分類し、縮重 PCR や連鎖解析によって変異遺伝子を同定する。

（2）光合成活性を変動させる条件下での光走性観察

光の長時間照射、強光照射下において光走性符号がどのように変化するかを探る。

（3）鞭毛打頻度が細胞内 ATP 濃度を反映することに着目し、試験管内で描いた鞭毛打頻度-ATP 濃度標準曲線をもちいて、生細胞の鞭毛打頻度から細胞内 ATP 濃度を推定できるようにする。これを、光合成阻害剤などを用いて検証する。

4. 研究成果

（1）変異株の単離と同定

常に正 (always positive, ap) 型を7種、常に負 (always negative, an) 株をそれぞれ7, 3種単離した (図2)。ap の7種については残念ながらすべて遺伝子カセット挿入と表現型がリンクしていなかった。全ゲノムを次世代シーケンスによって解読し、現在遺伝子同定に取り組んでいる。興味深いことに、これらのうち5種は増殖速度が野生株よりも顕著に高く、うち数株は強光耐性も高かった (Morishita et al., 2021 Plantsにて報告) (図3)。光走性の符号の偏りと、増殖能や強光耐性に連関があるというのは新しい発見であり、今後これらの株の原因遺伝子を同定することでそのメカニズムに迫れると考えられる。

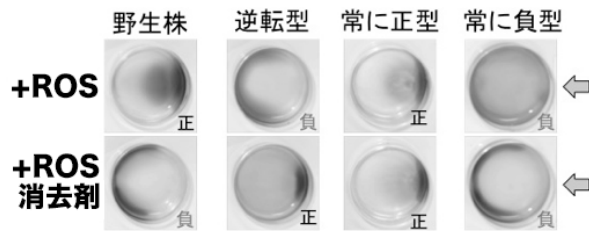


図2 新規変異株の光走性の様子。野生株は+ROS 処理で正、+ROS 消去剤処理で負の光走性を示すのに対し、変異株はそれと異なる方向の光走性（逆転、常に正（ap）、常に負型（an））を示す。

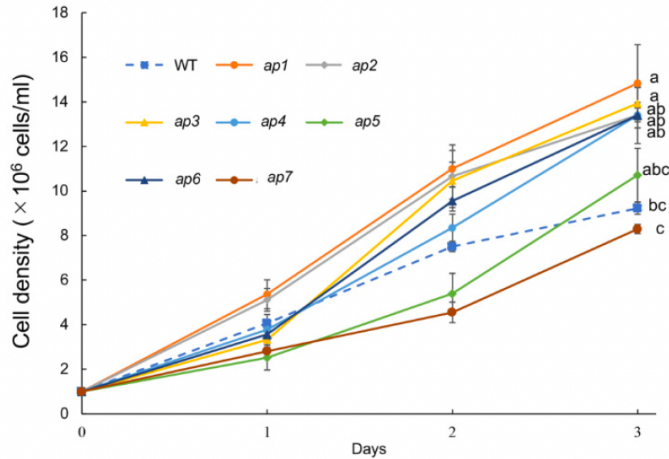


図3 ap 株の増殖率。ap5, ap7 を除く 5 株は野生株よりも顕著に高い。

(2) 光合成活性変動条件下での光走性観察

通常光走性実験は、暗闇においた細胞に光走性誘導光をあて、その直後～15 分程度の細胞の運動方向からその細胞の光走性機能や符号を判定するのが一般的であった。我々はこの光を当て続けたところ、30 分～1 時間ほどで当初の符号と反対方向へ、また 1 時間ほどで反対方向へ、と、符号の変動現象が起きることを確認した。このとき、赤色強光照射で光ストレスを与えると常に正、活性酸素消去剤を添加すると常に負の光走性を示したことから、これは光合成活性変化に基づく細胞内 ROS 量の変化によるものだと考えられる。

また、この ROS 量変化が「葉緑体内 ROS」なのか、それが漏れ出た「細胞質ゾル ROS」なのかを判別するため、細胞質ゾルにおいて ROS 消去に関わる哺乳類型チオレドキシ還元酵素を CRISPR/Cas9 でノックアウト (KO) した。すると、通常野生株細胞の半数程度が負から正の光走性に転じる比較的低濃度の H_2O_2 で処理すると、KO 株はすべてが正の光走性に転じた。このことから、光走性の符号変動にかかわる ROS は細胞質ゾルに蓄積したそれであることが示された (Asahina et al., BBRC 2022 にて報告)。

(3) 非侵襲的細胞内 ATP モニタリング

光合成活性状態を非侵襲的に見積もるため、繊毛打頻度から細胞質 ATP 濃度を見積もる方法を開発した。除膜細胞モデル (非イオン性界面活性剤処理した細胞) は死んでいるが、繊毛内の微小管構造とモータータンパク質ダイニンに影響を受けずに正常な構造を保っている。ここに ATP を添加すると、細胞モデルは生きていたかのように動き出す。このときの繊毛打頻度-ATP 濃度関係を、従来のバッファの改善によってミカエリスメンテン式にフィットする形で描くことができた。これにより、光合成ミュータントや光合成阻害剤、呼吸阻害剤処理をしたときの細胞質 ATP 濃度を見積もることができた (Takano et al., 2021 JBC にて報告)。

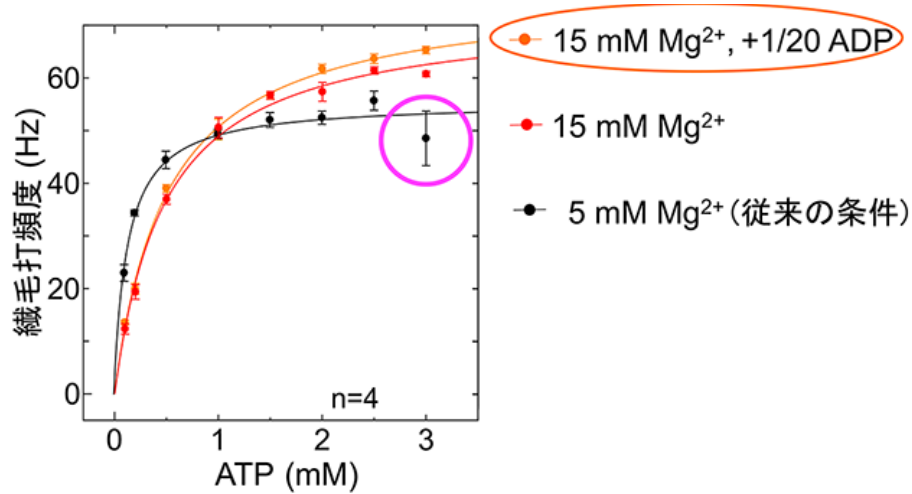


図4 ATP濃度の上昇につれて、繊毛（鞭毛）打頻度はミカエリス・メンテン型に上昇する。従来の実験条件（5 mM Mg²⁺を含んだ溶液）ではATP濃度3 mMで繊毛打頻度が低下してしまう（マゼンタの○印）。溶液中のMg²⁺濃度を15 mMに高め、かつ生体内のATP:ADP（アデノシン3リン酸：アデノシン2リン酸）比を模した量のADPを添加することで、この低下が抑えられ、繊毛打頻度がミカエリス・メンテン式によくフィットした。つまり、繊毛打頻度をATPの関数として表現できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kyuji Ayaka, Patel-King Ramila S., Hisabori Toru, King Stephen M., Wakabayashi Ken-Ichi	4. 巻 37
2. 論文標題 Cilia Loss and Dynein Assembly Defects in Planaria Lacking an Outer Dynein Arm-Docking Complex Subunit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 7~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2108/zs190082	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 Takano Wakako, Hisabori Toru, Wakabayashi Ken-ichi	4. 巻 296
2. 論文標題 Rapid estimation of cytosolic ATP concentration from the ciliary beating frequency in the green alga <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 100156 ~ 100156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.RA120.015263	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 Kutomi Osamu et al. (total 32 authors)	4. 巻 7
2. 論文標題 A dynein-associated photoreceptor protein prevents ciliary acclimation to blue light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	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) 10.1126/sciadv.abf3621	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 若林憲一	4. 巻 98
2. 論文標題 レドックスを視る	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生物工学	6. 最初と最後の頁 82
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 Morishita Jun, Tokutsu Ryutarō, Minagawa Jun, Hisabori Toru, Wakabayashi Ken-ichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Characterization of <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Mutants That Exhibit Strong Positive Phototaxis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 1483 ~ 1483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants10071483	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 Deschoenmaecker Frederic, Mihara Shoko, Niwa Tatsuya, Taguchi Hideki, Wakabayashi Ken-Ichi, Toyoshima Masakazu, Shimizu Hiroshi, Hisabori Toru	4. 巻 169
2. 論文標題 Thioredoxin pathway in <i>Anabaena</i> sp. PCC 7120: activity of NADPH-thioredoxin reductase C	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Biochemistry	6. 最初と最後の頁 709 ~ 719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jb/mvab014	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 Fu Nae, Sugiura Kazunori, Kondo Kumiko, Nakamura Shungo, Wakabayashi Ken-ichi, Hisabori Toru	4. 巻 297
2. 論文標題 Monitoring cellular redox dynamics using newly developed BRET-based redox sensor proteins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 101186 ~ 101186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbc.2021.101186	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 Yokochi Yuichi, Yoshida Keisuke, Hahn Florian, Miyagi Atsuko, Wakabayashi Ken-ichi, Kawai-Yamada Maki, Weber Andreas P. M., Hisabori Toru	4. 巻 118
2. 論文標題 Redox regulation of NADP-malate dehydrogenase is vital for land plants under fluctuating light environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	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) 10.1073/pnas.2016903118	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 Yokochi Yuichi, Fukushi Yuka, Wakabayashi Ken-ichi, Yoshida Keisuke, Hisabori Toru	4. 巻 118
2. 論文標題 Oxidative regulation of chloroplast enzymes by thioredoxin and thioredoxin-like proteins in <i>Arabidopsis thaliana</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	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) 10.1073/pnas.2114952118	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 Tanno Asuka, Tokutsu Ryutaro, Arakaki Yoko, Ueki Noriko, Minagawa Jun, Yoshimura Kenjiro, Hisabori Toru, Nozaki Hisayoshi, Wakabayashi Ken-ichi	4. 巻 16
2. 論文標題 The four-celled Volvocales green alga <i>Tetrabaena socialis</i> exhibits weak photobehavior and high-photoprotection ability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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) 10.1371/journal.pone.0259138	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 Asahina Yuma, Sakamoto Kazuma, Hisabori Toru, Wakabayashi Ken-ichi	4. 巻 596
2. 論文標題 The mammalian-type thioredoxin reductase 1 confers a high-light tolerance to the green alga <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 97 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2022.01.088	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21件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 高野和歌子、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 クラミドモナス細胞の鞭毛打頻度を用いた細胞内ATP 濃度の推定
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若林憲一
2. 発表標題 Photomovements of Chlamydomonas, Volvox, and Tetrabaena
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 クラミドモナスの鞭毛打頻度を用いた細胞内ATP 濃度の推定
2. 発表標題 高野和歌子、久堀徹、若林憲一
3. 学会等名 第13回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久次史花、小坂橋亮矩、山野隆志、柳澤春明、吉川雅英、福澤秀哉、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 外腕ダイニンチオレドキシン様軽鎖欠損株の解析
3. 学会等名 第13回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本一馬、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 鞭毛交互打ち変異株altの単離と解析
3. 学会等名 第13回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野和歌子、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 クラミドモナスの鞭毛打頻度を用いた細胞内ATP 濃度の推定
3. 学会等名 生体運動研究合同班会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂本一馬、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 クラミドモナス鞭毛交互打ち変異株の解析
3. 学会等名 生体運動研究合同班会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂本一馬、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 クラミドモナス繊毛交互打ち変異株の単離と解析
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若林憲一
2. 発表標題 緑藻クラミドモナス走光性のレドックス制御
3. 学会等名 岡山大学次世代研究育成グループ事業「電場・電子誘起による細胞機能化デバイスの開発」第1回セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朝比奈佑磨、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 哺乳類型チオレドキシソ還元酵素によるChlamydomonas reinhardtii の強光耐性への寄与
3. 学会等名 第14回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森下純、得津隆太郎、皆川純、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 緑藻クラミドモナスの走光性符号切替異常株の単離と解析
3. 学会等名 第14回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朝比奈佑磨、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 哺乳類型チオレドキシソ還元酵素によるChlamydomonas reinhardtii の強光耐性への寄与
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森下純、得津隆太郎、皆川純、久堀徹、若林憲一
2. 発表標題 緑藻クラミドモナスの走光性符号切替異常株の単離と解析
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若林 憲一
2. 発表標題 Significance of phototaxis in the unicellular green alga <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> revealed by “perverse” cells
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宋 叡陽, 植木 紀子, 中島 昌子, 坂本 一馬, 山口 勝司, 久堀 徹, 廣野 雅文, 若林 憲一
2. 発表標題 強い負の走光性を示す緑藻クラミドモナス新規変異株の単離と解析
3. 学会等名 生体運動研究合同班会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 朝比奈 佑磨, 久堀 徹, 若林 憲一
2. 発表標題 長時間露光によるクラミドモナスの走光性符号変動
3. 学会等名 生体運動研究合同班会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若林 憲一
2. 発表標題 Photobehavior and its significance studied using the Volvocales green algae with different cell numbers: <i>Chlamydomonas</i> , <i>Tetrabaena</i> , and <i>Volvox</i>
3. 学会等名 German-Japanese Meeting 2022 "Green Aquatic Biology: Ecology meets Synthetic Biology"（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宋 叡陽, 植木 紀子, 中島 昌子, 坂本 一 馬, 山口 勝司, 久堀 徹, 廣野 雅文, 若林 憲一
2. 発表標題 強い負の走光性を示す緑藻クラミドモナス新規変異株の単離と解析
3. 学会等名 第15回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 朝比奈 佑磨, 久堀 徹, 若林 憲一
2. 発表標題 長時間露光によるクラミドモナスの走光性符号変動
3. 学会等名 第15回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 植木紀子、若林憲一
2. 発表標題 緑藻ボルボックス目における個体サイズと鞭毛光反応の協調的進化
3. 学会等名 第15回クラミドモナス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丹野明日翔, 得津隆太郎, 新垣陽子, 植木紀子, 皆川純, 吉村建二郎, 久堀徹, 野崎久義, 若林憲一
2. 発表標題 緑藻テトラバエナ(シアワセモ)の光行動と光防御能
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Wakabayashi K, Isu A., Ueki N. (eds. Yawo, Kandori, Koizumi, Kageyama)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 675 (うち13頁を担当)
3. 書名 Optogenetics: Light-Sensing Proteins and Their Applications in Neuroscience and Beyond (Advances in Experimental Medicine and Biology, 1293)	

1. 著者名 若林憲一、植木紀子 (白木賢太郎・編)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京化学同人	5. 総ページ数 400 (うち4頁を担当)
3. 書名 相分離生物学の全貌 (現代化学増刊46)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>細胞の運動を「10秒見るだけ」で細胞質ATP濃度がわかる https://www.titech.ac.jp/news/2021/048763.html</p> <p>シアワセモは強い光から逃げずに防御する https://www.titech.ac.jp/news/2021/062400</p>
--

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	得津 隆太郎 (Tokutsu Ryutaro) (60613940)	京都大学・理学研究科・特定研究員 (14301)	

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