

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19166

研究課題名(和文)超オイル細胞：カロテノイドと長鎖不飽和脂肪酸を大量生産する細胞工場の作出

研究課題名(英文)Ultra oil cell: Creating a cell factory that mass-produces carotenoids and long chain unsaturated fatty acids

研究代表者

河野 重行(Kawano, Shigeyuki)

東京大学・フューチャーセンター推進機構・特任研究員

研究者番号：70161338

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：栄養塩飢餓と強光ストレスで誘導される超オイル細胞を用いて、3脂肪酸やカロテノイドなどの機能性物質を蓄積した細胞工場(クロレラ・ファクトリー)をつくり出そうと考えた。実用化を意識して細胞工場に適した株の選別に注力した。トレボウクシア藻綱を中心に緑藻を広く収集して、分子系統解析を実施することで、バイオマスに加え油脂やカロテノイドの生産性と種や株の系統関係を明らかにした。調査した種や株のほとんどは、独立栄養だけでなく従属栄養や混合栄養でも容易に培養することが可能でバイオマス生産性も高いことがわかった。従属栄養下の油脂生産性は株によって大きく異なるがオイル含量が50%を超えるような株もあった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2021年4月の「2030年度の温室効果ガス削減目標を2013年度比で46%削減する」との政府発表は、パリ協定にもられた26%でも実現を危ぶまれていたので、各界に衝撃をもって受け止められている。地球温暖化は待たなしであるが、世代時間の短い微細藻類であれば、10年間の研究期間でも二酸化炭素削減に資する新たな品種を開発できる可能性がある。微細藻類を「育種する」という発想こそが、応用微生物学の新たなトレンドになると考え、多くの株とその培養方法を検討するとともに重イオンビーム照射による分子育種法を開発してきた。カロテノイドと長鎖不飽和脂肪酸を大量生産する「超オイル細胞」の作出はその延長線上にある。

研究成果の概要(英文)：Using “ultra oil cell” induced by nutrient starvation and intense light stress, we decided to create a cell factory (Chlorella factory) that accumulated functional substances such as 3 fatty acids and carotenoids. We focused on selecting strains suitable for the cell factory with an awareness of practical application. The phylogenetic relationship of species and strains about the productivity of fats and carotenoids in addition to biomass were clarified by collecting a wide range of green algae, mainly Trebouxiophyceae and conducting molecular phylogenetic analysis. Most of the species and strains investigated can be easily cultured not only with autotrophs but also with heterotrophs and mixed nutrients, and have high biomass productivity. The productivity of fats under heterotrophic nutrition varies greatly depending on the strain, but some strains had an oil content of more than 50%.

研究分野：分子細胞学、物質生産

キーワード：機能性 脂肪酸 クロレラ 物質生産 細胞機能 カロテノイド トレボウクシア 微生物遺伝育種

### 1. 研究開始当初の背景

微細藻類を「育種する」という発想こそが、応用微生物学の新たなトレンドになると考え、微細藻類の倍数化と重イオンビーム照射によって誘導される欠失とゲノム改変を利用した分子育種法を開発してきた。世代時間の短い微細藻類であれば、5~10年間の研究期間でも増産株や新たな品種を開発できる可能性がある。こうして得られた増産株のゲノムとその代謝産物をオーミクス解析することで、微細藻類の増殖と代謝を何倍にも増強する新規の遺伝子を探索したいと考えている。先行研究では、重イオンビーム照射で、オイル増産株や様々な有用形質を備えた突然変異体を単離し、実験室レベルの小規模培養から屋外の150Lタイプのチェコ型大量培養装置による実用性検証実験を繰返し、最終的には乾燥重量5.8g/L、オイル含有量66%というクロレラ株(PK4)の単離と屋外大量培養に成功している。また、栄養塩飢餓に加え強光の連続照射が極めて有効で、実験室内で厳密に制御した条件では、オイル含量が細胞全体の75%以上にもなる巨大なオイルボディをもつ超オイル細胞の作出に成功している(図1)。

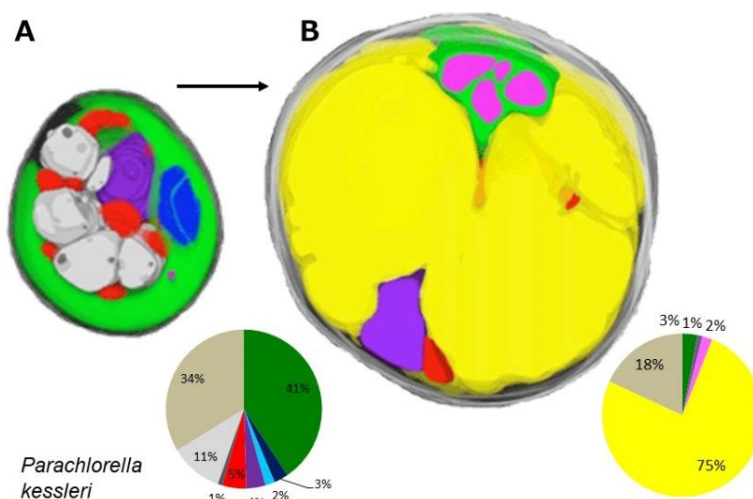


図1 クロレラの電顕3D画像とオルガネラ体積比 株や培養条件を選ぶことで、超オイル細胞(油脂含量75%)を作出できる。Aは通常のバククロレラの細胞、Bは超オイル細胞、円グラフは電顕3Dで測定したオルガネラの体積比を示している。緑:葉緑体、紺:ピレノイド、青:デンブン鞘、紫:核、赤:ミトコンドリア、桃:デンブン、黄:油脂、灰:液胞、黒:ポリリン酸

### 2. 研究の目的

超オイル細胞を電顕3Dで立体構築すると、細胞体積当たりで通常41%を占めている葉緑体が3%に、5%を占めるミトコンドリアはほとんど痕跡程度になっていた。オイルが蓄積する少し前の細胞を観察すると液胞内に多くの断片化されたミトコンドリアが観察される。葉緑体はチラコイドごと液胞に引きずり込まれるようにして分解されている。残された空間のほとんどはオイルとなる。そうした超オイル細胞が自在に作出できるようになれば、緑藻ではほとんど作られないとされる炭素数20以上のEPA(20:5)やDHA(22:6)といった長鎖不飽和脂肪酸やアスタキサンチンなどを蓄積する細胞工場の創出も夢ではない。

微細藻類のデンブンとオイルの生産には共通点が見出されていて、窒素、リン、イオウといった栄養塩の欠乏で物質生産はオイルに大きくシフトする。これに強光ストレスが加わるとネガティブ・フィードバックが破壊され超オイル細胞ができるのではないかと予測している。巨大なオイルボディをもった超オイル細胞の存在は、微細藻類の脂質合成の全容を明らかにする手がかりにもなる。栄養塩欠乏と強光ストレスで誘導される超オイル細胞を用いて、 $\omega 3$ に代表される機能性脂肪酸やカロテノイドなどを蓄積した細胞工場(クロレラ・ファクトリー)を作り出すことにある。トレボウクシア藻綱の種を中心に長鎖不飽和脂肪酸とカロテノイドの網羅的探索を実施し有望株を選別し、重イオンビームを照射することで長鎖不飽和脂肪酸など特定機能性脂肪酸を生産する株を単離する。強光によって特定のカロテノイドを選択的に合成誘導できる株の単離をする。こうした株に超オイル細胞を誘導し、巨大オイルボディに特定の物質を含有できるようにする。こうした重イオンビーム照射や強光下におけるスクリーニングは当初すべて独立栄養培養下で実施したが、トレボウクシア藻綱を中心とした緑藻のほとんどは従属栄養培養が可能で、バイオマス生産量も2倍以上になることから、混合栄養培養下と従属栄養培養下でのスクリーニングにも挑戦する。

### 3. 研究の方法

主に以下に示すような6つの方法で研究した。前半の2つのスクリーニングは独立栄養培養下で実施し、後半の4つは全て従属栄養培養下で実施した。

(1) 重イオンビームは、理化学研究所・仁科加速器研究センターのRIビームファクトリー(RIBF)で使用した。イオンの核種(C, Ar, Feなど)や速度を選択することで線エネルギー付与(LET: Linear Energy Transfer)を変えるとともに、重イオンビーム照射後のスクリーニン

グに工夫を凝らし、システイン要求性株や他の含硫アミノ酸要求株を単離するなどして脂肪酸代謝が通常のものとは異なる株を単離した。

(2) クロレラは強光耐性があり  $600 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  の連続強光照射下でも増殖しデンプンとオイルを蓄積する。先行取得したトレボウクシア藻綱を中心とする緑藻 26 種に、同様の強光照射を実施し、特定のカロテノイドを合成誘導できるか藻体の色調を重点的に調べ、色調を大幅に変えた「七色クロレラ」のカロテノイド組成に関しては、Zapata et al. (2000) の方法で HPLC 分析した。

(3) 従属栄養培養には空気の供給で培地が十分攪拌され高密度培養が可能な丸形の 1 L マリンフラスコを採用した。培地は TAP と BG-11 にグルコース 2g/L あるいは 5g/L を添加して用いた。完全暗黒下の従属栄養培養に加え通常は室内照明下で混合栄養培養した。

(4) 従属栄養培養下あるいは混合栄養培養下でのバイオマス生産性とオイル産生の関連を調べるため、2 週間あるいは 3 週間培養後の藻体を回収して、乾燥重量を測定するとともにヘキサン抽出してオイル含有量を測定した。

(5) 凍結乾燥した(4)の藻体を TLC 法で脂質分析した。展開溶媒はヘキサン：ジエチルエーテル：酢酸 (80:30:1) とした。ほとんどがトリアシルグリセロール (TAG) でそれ以外の画分はほとんど見られなかった。TAG はメチルエステル化してガスクロで脂肪酸分析した。

(6) 同じく凍結乾燥した(4)の藻体をクロロホルム - メタノール (1:2) 抽出し、フィルター濾過した抽出液を Zapata 法で分析した。メタノール-水/アセトニトリルからメタノール/アセトニトリル/アセトンへのグラジエント溶出し、分解能を上げるのにピリジンを用いた。

#### 4. 研究成果

(1) クロレラ (*Parachlorella kessleri*) の重イオンビーム照射は従前の方法で実施した。RI ビームファクトリーで 25 と 50 Gy の線量で Fe イオンビームを照射した。線形エネルギー付与値は  $790 \text{ keV } \mu\text{m}^{-1}$  だった。照射したクロレラを L-システイン培地 1.5% 寒天プレート上に広げて単一のコロニーを単離した。約 13,000 のコロニーを分離株として選択し、L-システイン培地 1.5% 寒天プレートおよび硫酸塩培地 1.5% 寒天プレートの両方に接種した。L-システインでのみ成長した分離株は、硫酸抑制増殖 (Srp) 変異体として識別された。株は、製品評価技術基盤機構 (NITE) に、受託番号 FERM BP 22268 (Srp1 の場合) および FERM BP-22288 (Srp2 の場合) で寄託した。これらは、通常炭素数 20 以上の脂肪酸はほとんど産生しないクロレラにあって、アラキジン酸 (C20:0)、エルカ酸 (C22:1)、ネルボン酸 C24:1 といった長鎖不飽和脂肪酸を産生していた。この研究の成果に関して、2020 年 6 月 23 日に特許第 6721807 号「長鎖脂肪酸生産藻類及びそれを用いた長鎖脂肪酸生産方法」を取得した。

(2) 緑藻 26 種を、連続強光照射下で培養し、相対的な色素含有率の変化を解析した。培養液当たりのクロロフィル a と b の量は培養 4 日目ごろまでは増加するが、その後はほとんどの株で急激に減少した。培養液当たりの総カロテノイド量もクロロフィル量と同様に培養初期は増加するが、連続強光照射条件下ではクロロフィルが減少してもカロテノイドが増加し続ける株とカロテノイドの増加が止まるか緩やかに減少する株があった。カロテノイド組成を調べると、に分類されるものはカンタキサンチンやアスタキサンチンの割合が増えておりその多くは狭義の緑藻で、培養液の色は赤や橙を示した。に分類されるものではルテインが主でクロレラのほとんどがこれに含まれ、培養液の色は黄を示した。クロロフィルの減少が十分でなく緑のままのものあり、カワノリの類であった。また 14 日目の細胞を観察すると、ほとんどの細胞でオイルボディが細胞全体の 65-75% を占めることがわかった (超オイル細胞)。代表的な種として *P. kessleri* のこの時期の細胞を電顕 3D 解析したところ、葉緑体とミトコンドリアが縮退して、ごくわずかのデンプンを残してオイルボディが著しく発達していることがわかった。連続強光照射でカロテノイドの組成を変えたり単一のカロテノイドのみにしたりする手法で、2021 年 3 月 24 日に特許第 6847389 号「カロテノイドの大量生産方法」を取得した。

(3) 微細藻類の機能性成分として最初に注目されるのはカロテノイドであろう。物質生産を考えるとであれば、バイオマス生産性が高く安定した培養が可能な従属栄養培養が有利である。カロテノイドだけでなく希少な不飽和脂肪酸の生産にも有用である。バイオマスが大量に確保できるのであれば、クロレラのルテインは本来含有量が極めて高いので精製もさほど困難ではない。また、NIES 株の中にはクロロフィルを欠いた黄色い突然変異株 (NIES-2161 株) があり、これなども従属栄養培養下であれば生育可能である。ルテインは「加齢黄斑変性症」の予防に効果のあるカロテノイドとして知られ欧米では特に注目されている。また、微細藻類の中には生育条件の C/N 比が変わるだけで、藻体の色味が変わる *Muriella zofingiensis* や *Chromochloris zofingiensis* といった種が知られている。これらの株のなかには油脂含量も高いものがあるので、それらを中心に C/N 比が極端に大きくなる従属栄養下で培養することでカラフルな藻体を作成することができる。この方法を用いることでカロテノイド生産に向く株を容易に選別することができる (図 2)。

(4) 独立栄養培養下で高オイル含量であっても従属栄養培養下でもそうとは限らない。1L マリンフラスコを用いて従属栄養培養した際のバイオマス量 (DW g/L) とヘキサン抽出したオイル量 (%オイル) とを比べた。バイオマス量は 2~3 週間の培養で 0.1~15.5g/L と種によって大きく変動するが、独立栄養培養に比べるとほぼ 3~5 倍の収量がある。一方オイル含量は 2.1~

50.4%であった。従属栄養培養でも特に誘導を掛けなくとも高い値を示すものがあり有望である。バイオマス量の多い順に並べてそこにオイル含量をプロットすると、オイル含量の高低はバイオマスの多寡には関係ないようで、独立栄養培養下で高バイオマス生産性を示す種は、従属栄養培養でも高オイル生産を実現



**図2 マリンフラスコによるカロテノイド生産型の従属栄養培養** オイル生産性のもともと高い種にカロテノイド産生を誘導することでカロテノイド生産型の超オイル細胞の生産を目論んでいる。1 *Parachlorella kessleri*, 2 *Chlorella vulgaris*, 3 *Graesiella emersonii*, 4 *Muriella zofingiensis*, 5 *Chromochloris zofingiensis*, 6 *C. zofingiensis* 7 *M. zofingiensis* となっている。4と5はルテイン、6と7はアスタキサンチンを産生している。

できそうである。バイオマス量は *M. zofingiensis* の 15.54g/L が最大で、*Graesiella emersonii* の 13.58g/L がそれに続く、ただそれらのオイル量は 25.3%と 17.6%で取り立てて大きくない。一方、*Scenedesmus acutus* はバイオマス量が 9.54g/L で油脂含量は 50.4%もあってかなり有望な株であることがわかった。

(5) 代表的な株を独立栄養、混合栄養、従属栄養で培養した微細藻類のカロテノイド組成を分析した。野生型の *P. kessleri* と黄色の NIES-2161 を混合栄養と従属栄養とで培養した際のカロテノイド組成を比較した。NIES-2161 のカロテノイドの主成分はルテインで、クロロフィル含量は検出限界以下であることがわかった。また、*M. zofingiensis* と *C. zofingiensis* は混合栄養と従属栄養で培養した際に橙赤色になるが、その主成分はカンタキサンチンであった。

(6) 代表的な株を(5)と同じように独立栄養、従属栄養、混合栄養で培養し、薄層クロマト(TLC)解析するとともにガスマスを用いて脂肪酸組成を分析した。オイル成分はほとんどが TAG で、その脂肪酸は 16:0,18:1,18:2,18:3 であった。飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の比率は、独立栄養よりも、混合栄養、従属栄養で培養した場合に低くなる傾向が見られた。この原因は独立栄養で培養した場合、パルミチン酸(16:0)の割合が減少するためだと考えられる。

従属栄養培養であれば大規模培養が容易でバイオマス生産性は極めて良好である。LCA も独立栄養培養と比べて遜色ない。問題はオイル含有率で、栄養が豊富な従属栄養培養下でオイルを蓄積するかが疑問であったが、今回の研究でそれも解決した。今後は、独立栄養だけでなく従属栄養でも、超オイル細胞によるカロテノイドと長鎖不飽和脂肪酸の大量生産に挑戦したい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Hosokawa, S and Kawano, S.	4. 巻 85
2. 論文標題 Worldwide research trends on microalgae and recent work in Cytologia.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cytologia	6. 最初と最後の頁 178-185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1508/cytologia.85.178	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 Sato, Y., Endo, H., Oikawa, H., Kanematsu, K., Naka, H., Mogamiya, M., Kawano, S., Kazama, Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Sexual difference of optimum environmental condition for growth and maturation of the brown alga <i>Undaria pinnatifida</i> in gametophyte stage.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genes	6. 最初と最後の頁 944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/genes11080944	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 Sasaki, M., Takagi, A., Ota, S., Kawano, S., Sasaki, D., Asayama, M.	4. 巻 25
2. 論文標題 Coproduction of lipids and extracellular polysaccharides from the novel green alga <i>Parachlorella</i> sp. BX1.5 depending on cultivation conditions.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biotechnology Reports	6. 最初と最後の頁 e00392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.btre.2019.e00392	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 Ota, S., Oshima, K., Yamazaki, T., Takeshita, T., Bisova, K., Zachleder, V., Hattori, M. and Kawano, S.	4. 巻 84
2. 論文標題 The <i>Parachlorella</i> genome and transcriptome endorse active RWP-RK, meiosis and flagellar genes in Trebouxioophyceae algae.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cytologia	6. 最初と最後の頁 323-330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1508/cytologia.84.323	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 Lindley, M., Hiramatsu, K., Nomoto, H., Shibata, F., Takeshita, T., Kawano, S. and Goda, K.	4. 巻 91
2. 論文標題 Ultrafast simultaneous Raman-fluorescence spectroscopy.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Anal. Chem.	6. 最初と最後の頁 15563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.9b03563	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 Ichihara, K., Yamazaki, T., Miyamura, S., Hiraoka, M. and Kawano, S.	4. 巻 9
2. 論文標題 Asexual thalli originated from sporophytic thalli via apomeiosis in the green seaweed Ulva.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 13523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-50070-x	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 大田修平・河野重行	4. 巻 31
2. 論文標題 ヘマトコッカス藻の強光回避戦略	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Morphology	6. 最初と最後の頁 19-23
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 竹下毅・細川聡子・河野重行	4. 巻 1
2. 論文標題 微細藻類によるバイオ燃料生産の実用化に向けて 新たな株の単離	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MDB技術予測レポート	6. 最初と最後の頁 1-15
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 Ota, S. and Kawano, S.	4. 巻 68
2. 論文標題 Three-dimensional ultrastructure and hyperspectral imaging of metabolite accumulation and dynamics in <i>Haematococcus</i> and <i>Chlorella</i> .	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microscopy	6. 最初と最後の頁 57-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jmicro/dfy142	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 Yamazaki, T., Konosu, E., Takeshita, T., Hirata, A., Ota, S., Kazama, Y., Abe, T., Kawano, S.	4. 巻 36
2. 論文標題 Independent regulation of the lipid and starch synthesis pathways by sulfate metabolites in the green microalga <i>Parachlorella kessleri</i> under sulfur starvation conditions.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algal Res.	6. 最初と最後の頁 37-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.algal.2018.09.022	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 Takeshita, T., Ivanov, I. N., Oshima, K., Ishii, K., Kawamoto, H., Ota, S., Yamazaki, T., Hirata, A., Kazama, Y., Abe, T., Hattori, M., Bisova, K., Zachleder, V. and Kawano, S.	4. 巻 35
2. 論文標題 Comparison of lipid productivity of <i>Parachlorella kessleri</i> heavy-ion beam irradiation mutant PK4 in laboratory and 150-L mass bioreactor, identification and characterization of its genetic variation.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algal Res.	6. 最初と最後の頁 416-426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.algal.2018.09.005	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 Ota, S., Morita, A., Ohnuki, S., Hirata, A., Sekida, S., Okuda, K., Ohya, Y., Kawano, S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Carotenoid dynamics and lipid droplet containing astaxanthin in response to light in the green alga <i>Haematococcus pluvialis</i> .	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 5671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-23854-w	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 竹下毅・河野重行	4. 巻 36
2. 論文標題 カロテノイド市場の形成と展開	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオインダストリー	6. 最初と最後の頁 1-11
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 竹下毅・河野重行	4. 巻 35
2. 論文標題 カロテノイド世界市場の動向と七色クロレラ	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオインダストリー	6. 最初と最後の頁 9-20
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 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 石井公太郎、風間裕介、浅野円花、竹下毅、阿部知子、河野重行
2. 発表標題 クロレラの内部倍数性とAr・Feイオンビーム照射による染色体の分断化と再構築
3. 学会等名 日本藻類学会第45回大会 オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井公太郎、風間裕介、浅野円花、阿部知子、河野重行
2. 発表標題 Ar・Feイオンビーム照射によって生じるクロレラ染色体の断片化と染色体再編成
3. 学会等名 日本育種学会 第138回講演会 オンライン開催
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 竹下毅、吉澤有子、工藤恭子、恵良田真由美、篠原理香、河野重行
2. 発表標題 微細藻類クロレラを用いた、重イオンビーム照射による変異株の作出と大量培養への展開
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会 オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 印南棕矢、宮村新一、大越昌子、南雲保、市原健介、山崎誠和、河野重行
2. 発表標題 緑藻クラミドモナスの性転換に伴う配偶子の細胞融合部位の配置転換
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会 オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹下毅、吉澤有子、工藤恭子、恵良田真由美、篠原利香、河野重行
2. 発表標題 重イオンビーム照射により得られる微細藻類変異株のスクリーニングと大量培養への展開
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎誠和、市原健介、桑野和可、宮村新一、河野重行
2. 発表標題 日本沿岸域に生育する2種のアオノリの比較ゲノム解析
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮村新一、桑野和可、河野重行
2. 発表標題 海産緑藻の配偶子，動接合子，遊走子における眼点のサイズと生育環境との関係
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎誠和、市原健介、桑野和可、宮村新一、河野重行
2. 発表標題 日本沿岸域に生育する2種のアオノリで起きたオルソログの分子進化
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 宮村新一、河野重行
2. 発表標題 海産緑藻の配偶子，動接合子，遊走子における眼点のサイズと分布
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 浦川直希、中村聡、岸本真理子、森山陽介、鈴木孝征、横川大輔、河野重行、東山哲也、佐々木成江
2. 発表標題 Semi-in vitro アッセイ系を用いた母性遺伝における父方ミトコンドリアDNA分解の解析
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 Kawano, S., Mogi, Y., Yamazaki, T., Miyamura, S., Kuwano, K
2. 発表標題 Exclusion and selection of male and female organelles during the developmental process from zygotes to the thallus in <i>Ulva partita</i>
3. 学会等名 7th European Phycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshita, T., Kudo, Y., Hosokawa, S., Erata, M., Kawano, S.
2. 発表標題 Carotenoid and lipid accumulation in about twenty species of Chlorophyceae and Trebouxiophyceae under comparatively high light intensity
3. 学会等名 AlgaIBBB 2019: The 9th International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, Y., Oikawa, H., Kanematsu, K., Naka, H., Kawano, S.
2. 発表標題 An optimum condition for promoting growth and maturation at gametophyte stage of <i>Undaria pinnatifida</i> by optimal screening and application for the seedling production on industrial-scale
3. 学会等名 AlgaIBBB 2019: The 9th International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田 洋、三浦 昌也、鈴木 辰弥、竹下 毅、河野 重行
2. 発表標題 ヘマトコッカス藻の株間にみられる表現型とカロテノイド合成能の多様性
3. 学会等名 日本藻類学会第43回大会、京都大学・吉田南キャンパス(京都市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹下 毅、柴田 洋、恵良田 真由美、宮下 英明、河野 重行
2. 発表標題 トレボウクシア藻の強光ストレス条件下における色素変化とオイル蓄積
3. 学会等名 日本藻類学会第43回大会、京都大学・吉田南キャンパス（京都市）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大田 修平、河野 重行
2. 発表標題 電顕3Dとハイパースペクトルで見るヘマトコッカス藻のカロテノイド分布とその動態
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会、広島国際会議場（広島県・広島市）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大貫 慎輔、大田 修平、河野 重行、大矢 禎一
2. 発表標題 ハイパースペクトラルイメージングと画像解析による微細藻類のモニタリングシステムの開発
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会、広島国際会議場（広島県・広島市）（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 カロテノイドの大量生産方法	発明者 河野重行、山崎誠和、大田修平、竹下毅、宮下英明	権利者 東京大学、京都大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6847389号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 長鎖脂肪酸生産藻類及びそれを用いた長鎖脂肪酸生産方法	発明者 河野重行、山崎誠和、大田修平、鴻巣絵梨香、竹下毅、他2	権利者 東京大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6721807号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

機能性バイオプロジェクト・研究紹介  
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/pls/research.html>  
機能性バイオ研究支援フォーラム・Research Topics  
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/functionalbio/research.html>  
機能性バイオ研究支援フォーラム・Archives  
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/functionalbio/archives.html>

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

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		
チェコ	Czech Academy of Sciences		