

令和 3 年 5 月 20 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06559

研究課題名（和文）プロトン駆動力による細胞内代謝制御

研究課題名（英文）Intracellular metabolism control of the proton motive force

研究代表者

清水 浩（Shimizu, Hiroshi）

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：00226250

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 81,000,000円

研究成果の概要（和文）：光合成生物が様々な光環境において光化学系と代謝のバランスをどのようにして調節しているのかを理解するため細胞レベルで統合的に議論することが可能なゲノムスケール代謝モデル（GMM）を開発した。シアノバクテリアを用いて波長の異なる光環境下における光化学系と代謝のシミュレーションを行った。光化学系（PSII）および光化学系（PSI）の励起比の情報を取り込むことにより光化学系の直線的電子伝達、サイクリック電子伝達のフラックスを解析することが可能となった。シミュレーションと遺伝子、タンパク質、代謝の階層の実験結果を統合的に解析し光合成の再最適化に向けた戦略の道筋を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食糧やエネルギー問題を解決するため、植物や藻類の「光合成の改良」は重要な課題である。従来の研究では、光合成能力を高めることにのみ重点が置かれてきたが、最近の研究により「光エネルギーの効率的利用」と「過剰光からの防御」のバランスの調節の重要性に関する理解が進められてきた。本研究においては、光合成と代謝をシステム的に統合解析を行うことで、光合成の再最適化に向けた戦略の道筋を示すところに新規性がある。この研究により、二酸化炭素排出や地球温暖化を抑制していくための光合成利用に関する基盤が築かれるとともに光合成システムバイオロジーという新たな学術分野が拓かれたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, to understand the regulation mechanism of photosynthesis and metabolism of photosynthetic organisms, a genome scale metabolic reaction model of cyanobacteria (GMM) was reconstructed, including detailed photosynthesis-related reactions. Electron transfer of photosynthesis and metabolic fluxes under different light environmental conditions were simulated and confirmed by experiments. Linear and cyclic electron transfer fluxes were accurately simulated by taking into account of information of excitation ratio of photosynthesis II (PSII) and photosynthesis I (PSI). By integrating simulation results with experimental data of multiple analyses of transcriptome, proteome, metabolome, and metabolic fluxes, re-optimization strategies of photosynthesis and metabolism were discussed.

研究分野：生物学

キーワード：ゲノムスケールモデル システム生物学 光合成 シミュレーション 代謝フラックス解析

### 1. 研究開始当初の背景

食糧やエネルギー問題を解決するため、植物や藻類の「光合成の改良」は重要な課題である。従来、作出された植物や藻類の光合成能力がほとんど改良されて来なかった大きな原因の一つは、既存の光合成生物が進化を遂げた局所環境（ローカルミニマム）に最適化され、そこから抜け出す根本的な変革を行うことが困難であったことがあげられる。これには、「プロトン駆動力の調節により「光エネルギーの効率的利用」と「過剰光からの防御」のバランスを調節することが重要であることが考えられた。また、光化学系や代謝の素過程を詳細に研究することに加えて、細胞全体をシステムとしてとらえて解析し、理解を深めることが重要である。本研究においては、光合成のシステム解析を行うために光化学系と代謝を統合的に研究することを目的として設定した。

### 2. 研究の目的

本研究では、光合成生物が様々な光環境において「光エネルギーの効率的利用」と「過剰光からの防御」のバランスをどのようにして調節しているのかを理解するために、光化学系と代謝を細胞レベルで統合的に議論することが可能なプラットフォームを開発することを目的とした。ゲノムワイドに光化学系と代謝をシミュレーションすることを目的として、ゲノムスケール代謝モデル（GMM）の開発を行った。また、<sup>13</sup>C 安定同位体を細胞内に取り込ませ、実際の細胞の代謝を実験的に解析する <sup>13</sup>C 代謝フラックス解析法の開発を行った。シアノバクテリア *Synechocystis* sp. PCC 6803 野生株（GT 株）を中心的な研究対象とし、光合成の素反応因子、環境に対する光合成のメカニズム解明の成果を統合理解するシステムを開発し、光合成のシステム再最適化のための戦略立案を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

シアノバクテリア *Syn* sp. PCC 6803 野生株（GT 株）を中心的な研究対象とし、光化学系と一次代謝を中心とするゲノムスケール代謝モデル（GMM）を構築した。光化学系におけるフォトン捕獲、電子伝達、ATP や NADPH の生成や消費、代謝反応の大きさを代謝フラックスという概念で統一的に取り扱い、各過程の反応を化学量論式の形で表現した GMM プラットフォームを開発した。この GMM を用いて増殖を最大化する代謝フラックスを線形計画法によりシミュレーションすることが可能となった。また、実際の培養系において <sup>13</sup>C 安定同位体標識されたグルコース、炭酸水素ナトリウムを用いて <sup>13</sup>C 標識を培養中に細胞内に取り込ませることにより、各代謝物質に <sup>13</sup>C 標識が取り込まれる割合をガスクロマトグラフ質量分析計により測定し、代謝物質の <sup>13</sup>C 標識割合を最もよく説明する代謝フラックスを決定する方法を開発した。これらのシミュレーションと実験的代謝解析プラットフォームを用いて、異なる波長の光を用いた場合の光化学系、代謝、細胞増殖に至る過程をシミュレーションと実験で統合解析した。また、各波長の光に対応して重要に働くタンパク質をプロテオームにより解析した。

### 4. 研究成果

#### (1) ゲノムスケールモデルの開発と細胞シミュレーション

シアノバクテリア *Syn* sp. PCC 6803 野生株（GT 株）の光合成および主要な代謝反応の情報を含み細胞全体を表現するゲノムスケール代謝モデル（GMM）の開発を行った。我々の研究グループで開発された GMM を基盤とし (Yoshikawa, *Appl Microb Biotechnol*, 2011)、主要な代謝経路の反応の大きさ、光合成における受光や電子伝達を代謝フラックス（反応の大きさ）という形で細胞全体に統一的に解析が可能となるような記述でモデル再構築を行った。光化学系の反応を素反応レベルに分解し、フィコビリソーム、カルテノイド、光化学系 II

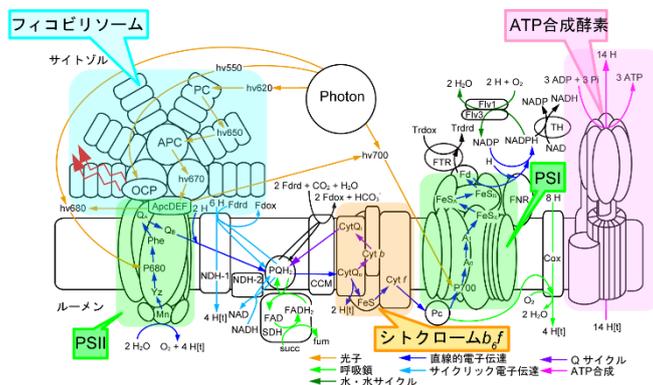


図1. 構築されたゲノムスケールモデル（光合成詳細）

(PSII)、光化学系 I (PSI)、における各波長の光の捕獲、電子伝達、NADPH 生成、ATP 生成のフラックスとして議論できるレベルのモデルを再構築した (Toyoshima, *Photosyn Res*, 2020)。また、各波長の光に対して PSII、PSI における励起比の情報を取り込んで代謝フラックスを計算する手法を開発した。図1に本研究で取り込んだ詳細な光化学系反応システムを示す。GMM はフラッ

クスバランス解析と呼ばれる細胞にとって与えられた光環境下で増殖速度が最大値となる代謝フラックスを求めることとした。

異なる波長の光環境下における培養実験で得られた細胞の比増殖速度は、開発した GMM のシミュレーションにより良好に再現できることが確認された。また、異なる波長の光を利用した培養で得られた細胞を時間分解蛍光測定に供し、各波長における (PSI/PSII) 励起比が測定された (A01-1 班、秋本らと共同研究)。この (PSI/PSII) 励起比の情報を用いたシミュレーションにより、光化学系において、3つの典型的な状態に分類できると考えられた (図2)。すなわち、(状態1) : (PSI/PSII)励起比が1より小さい値を持ち、リニア電子伝達が主に働いており ATP 生成をより活性化するよう電子伝達を行うことに重きを置いた状態、(状態2) : (PSI/PSII) 励起比の大きさが同程度 (比が1に近い) でタイプ1型 NADH デヒドロゲナーゼ NDH-1 がサイクリック電子伝達において重要に働いており、増殖速度が最大となるよう ATP、NADPH 生成が行われている状態、(状態3) : (PSI/PSII) 励起比が1より大きくタイプ2型 NADH デヒドロゲナーゼ NDH-II がサイクリック電子伝達において重要に働いている状態に分けることができると考えられた。(状態1、2)は「光エネルギーの効率的利用」に重きを置いた状態であり、(状態2)では、ATPとNADPHの生成比が細胞増殖が最大となるよう保たれる。また、(状態3)は「過剰光からの防御」に重点を置いておけると考えることができる。過剰光の状態ではプロトンの濃度が高まることを契機としてフィコビリソームのPSIIからPSIへの移動や、PSIIからPSIに直接光エネルギーを移動するスピルオーバーが起きる状態に遷移していると考えられた。このように、異なる光環境における光化学系電子伝達の様式と光合成において生成するATPおよびNADPHの関係がシミュレーションにより明らかとなった。この結果を実験的に確認するため、NDH-1サブユニットをコードする *ndhD1/D2* 破壊株を(状態2)で培養し、その増殖速度が野生株より低下することを確認した。予測された電子伝達が実際の細胞で重要に働いていることが確認された (Toyoshima, *Plant Sci*, 2021)。

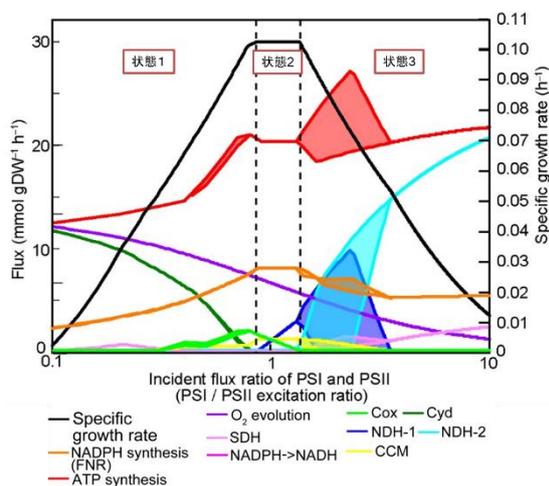


図2.光化学系のフラックスシミュレーション

## (2) トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム、<sup>13</sup>C代謝フラックス解析によるシステム統合解析

実験的に遺伝子発現、タンパク質発現、代謝物質蓄積、代謝フラックスのレベルで統合解析を行い、シミュレーションと実験の双方から理解を深めることはシステム生物学として重要である。本研究では、光化学系、代謝系の遺伝子発現量、タンパク質量と代謝物質質量を実験的に定量解析することを目的として、トランスクリプトーム解析、定量プロテオーム解析、定量メタボローム解析を行った。また、<sup>13</sup>C同位体標識による代謝フラックス解析システムを開発した。同位体標識されたグルコースや炭酸水素ナトリウムを用いて窒素の取り込みが制限されるような株を培養し、CO<sub>2</sub>固定、中枢代謝状態の<sup>13</sup>C代謝フラックス解析を行った(Nakajima, *Plant Cell Physiol*, 2017)。定量プロテオーム解析は *Synechocystis*、*Chlamydomonas* (A01-1班、皆川ら)、*Arabidopsis*の研究 (A01-2班、坂本ら) (Toyoshima, *Jour Biosci Bioeng*, 2019)、メタボローム解析は *Anabaena* (A01-3久堀ら) (Deschoenmaecker, *Jour Biochem*, 2021)の研究にも応用された。プロテオーム解析では、リン酸化されたタンパク質を定量する方法も開発した (Toyoshima, *Molecules*, 2020)。

## (3) 転写制御因子が光化学系と代謝に及ぼす影響のシステム解析

細胞をグローバルに制御する転写制御因子を改変した株の光合成活性を測定すると同時に、細胞全体に関わる遺伝子発現、タンパク質、代謝の様態を統合的に解析した。窒素源が枯渇した際に誘導されることで知られている転写制御因子 SigE を欠損した株、強発現させた株を用いて定量プロテオーム解析を行い、光化学系、代謝、補酵素の変動を計測しシステムとしての動態を解析した。転写制御因子 SigE は酸化性的ペントースリン酸経路を正に制御していることをはじめとして、窒素枯渇時において制御されている光合成や代謝系のタンパク質が定量的に明らかにされた (Tokumaru, *Molecules*, 2018)。また、バイオリアクターを用いて光の強さを弱光から強光へと段階的に変化させた場合の細胞の増殖速度を測定し、光強度に対して増殖活性がどのように変化するかを精密に解析し、遺伝子の発現量を網羅的に解析することで、細胞がシステムとしてどのように強光に適応変化しているのかを解析した (Ogawa, *Jour Biosci Bioeng*, 2018)。また、転写因子 RpaA の過剰発現によって Fv/Fm や  $\phi$ II などの数値が低下し、光合成電子伝達の活性維持には RpaA 量を適切に保つことが必須であることが示された (Arisaka, *Jour Biosci Bioeng*, 2018)。さらに、転写制御因子改変株の糖代謝遺伝子の発現量を調べ、相関解析を行ったところ、解糖系の遺伝子群が2つの異なるクラスターに分かれて制御されることがわかった (Takeya, *Plant Cell Physiol*, 2017)。これらの光合成・転写・代謝の統合解析とともに、シアノバクテリアの炭素代謝

の鍵酵素の生化学解析を進められた (Ito, *Sci Rep*, 2017; *Front Microbiol*, 2020; *Plant J*, 2021; Takeya, *Sci Rep*, 2017)。

#### (4) 異なる波長の光条件における $^{13}\text{C}$ 代謝フラックス解析

異なる波長の光環境下において *Syn sp.* PCC 6803 野生株 (GT 株) のゲノムスケールシミュレーションで予測され細胞増殖、ATP や NADPH 生成フラックスに対して、実際の細胞がどのような代謝フラックスを示すのかを実験的に確認するため、同様の光環境条件を設定した培養実験を行って代謝状態を解析した。異なる波長の光環境下で培養を行い、 $^{13}\text{C}$  標識グルコースを利用した代謝フラックス解析を行った。(PSI/PSII) 励起比が 1 に近く最大の増殖活性を示す 630nm の光で培養した際にはカルビンサイクルの代謝活性が大きいことがシミュレーションでも予測されていたが実際の細胞でも確認された。680nm や 530nm の光環境下では、(PSI/PSII) 励起比が大きく「過剰光からの防御」に重点を置いており、NADPH の不足を解消するために酸化リッ酸化反応経路が活性化していることがシミュレーションで予測されたが、実際の細胞においても同様の代謝フラックス状態であることが確認された

(図 3)。また、代謝フラックス解析結果から代謝経路上で生成・消費している ATP フラックス、NADPH フラックスを見積もることが可能であり、細胞全体での生成・消費のバランスを考慮して光化学系で生成している ATP・NADPH フラックスを推定することが可能となるためこれらの値を実験値から推定した。またシミュレーションで得られたサイクリック電子伝達の様式との関係を議論した。(Yamamoto, *Jour Biosci Bioeng*, 2021) これらのシミュレーションと実験による統合解析から (PSI/PSII) 励起比と光化学系における ATP や NADPH の生成フラックス、および、各中心代謝経路の活性化状態の関係が明らかになった。「過剰光からの防御」に重きを置いた条件では、NADPH が不足することから酸化リッ酸化経路が活性化し、不足を補っているが酸化リッ酸化経路は  $\text{CO}_2$  を排出する経路でもあることから代謝の無益経路として環境適応のバッファ機構としても働いていることが示唆された。また、 $^{13}\text{C}$  代謝フラックス解析を利用して光の強度が異なる条件での酸化リッ酸化経路の役割を明らかにした。光強度が弱い条件では、光化学系により生成する NADPH 量が減少し、酸化リッ酸化経路がフラックス上昇することで NADPH 生成を相補していることが明らかとなった (Ueda, *Jour Biosci Bioeng*, 2018)。

#### (5) ものづくりを指向した代謝工学への展開

GMM を利用したゲノムワイドなシミュレーションは光化学系、細胞の代謝全体を俯瞰することができるため、有用物質生産への細胞デザインへの応用も期待できる。本研究で用いているシアノバクテリアは、遺伝子組換えの研究が容易に実施でき、 $\text{CO}_2$  から直接有用物質生産が可能でグリーン細胞工場として将来有効活用が期待されている。本研究では、*Syn sp.* PCC 6803 野生株 (GT 株) にエタノール合成能を付与した株に対して、どのような改変を行うことがエタノール生産をさらに増強できるかについてシミュレーションを行った。GMM に含まれているすべての反応に関与する遺伝子を対象にエタノール生産を増強するための遺伝子破壊候補を網羅的に探索するシミュレーションを行った。その結果、NDH-1 を欠損させ、NAD(P)H をエタノール合成に利用できれば、生産性が向上する個が予測された。そこで、*ndhF* 破壊によるエタノール生産性向上を試みたところ、破壊株はエタノール合成経路のみを持つ株よりも生産性が高いことが実験において確認され、GMM を用いた代謝予測、遺伝子破壊シミュレーションは、ものづくりの代謝工学に有効利用可能であることが実証された (Yoshikawa, *Bioprocess Biosys Eng*, 2017)。

#### (6) 光合成微生物に特徴的な炭素中枢代謝フラックスを制御する酵素解析

代謝フラックス解析やメタボローム解析により明らかになったように、光合成生物はカルビンサイクルや酸化リッ酸化経路が強く働いているのに比較して TCA サイクルが非常に活性が低い。炭素代謝と還元力に関する化学量論的な解析は上述のように行っているが、代謝系を直接制御する酵素の生化学的解析を行った。その結果、TCA サイクルの酵素は、ホスホエノールピルビン酸、クエン酸、2 オキシグルタル酸などによって GltA、FumC、MDH などの TCA

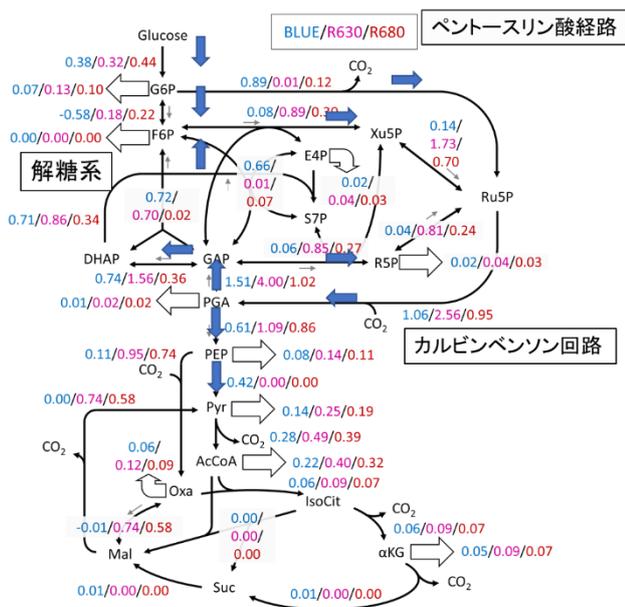


図 3. 異なる波長の光条件における  $^{13}\text{C}$  代謝フラックス解析結果 (530nm (BLUE)/630nm/680nm)

サイクル中の酵素が阻害を受けており、TCA サイクルのフラックスの小ささが酵素の働きから明らかとなった (Takeya, *Front Plant Sci*, 2018; Ito, *Sci Rep*, 2019; Katayama, *Sci Rep*, 2019)。また、酸化のペントースリン酸経路の鍵酵素である G6PDH の代謝物質の影響を調べたところ、クエン酸による活性阻害が明らかとなり、光条件と連動して酸化のペントースリン酸経路と TCA サイクルが相補的な働きをしていることが示唆された (Ito, *Biochem J*, 2020)。これらの解明は、今後、光合成微生物を利用した化学物質生産を行う上で貴重な情報になり得ると考えられる。

#### (7) 強光耐性株の取得とそのメカニズム解明

代謝シミュレーションが生命反応素過程の情報を統合して細胞全体のシミュレーションを行うフォワード・エンジニアリングであるのに対し、リバース・エンジニアリングである実験室進化により強い光環境下で耐性株が取得できれば、得られた耐性株に起きた変異を解析することで強光耐性メカニズムを解明できるばかりでなく、強光環境下で必要な条件や再最適化への手がかりを得られると考えられた。本研究では、光強度を徐々に上昇させながら強光耐性を持つ株を取得することを試みた。52 日間の植え継ぎ培養を行ったところ  $9,000\mu\text{mol m}^{-2}\text{sec}^{-1}$  の非常に強い光環境下でも生育可能な耐性株を取得することができた。全ゲノム解析、トランスクリプトーム解析を行って、ゲノム上の変異遺伝子や発現状態の変化を調査し、どのような変化が強光耐性能力に必要であるかを解析した。複数の進化系列から共通に得られた遺伝子変異を人工的に野生株に導入したところ、強光耐性を示したので、これらの変異が強光環境下で耐性を獲得するための必要変異であることが明らかとなった。また、トランスクリプトーム解析から大きな発現上昇が認められた遺伝子を野生株において強発現させたところ耐性が付与された。(Yoshikawa, *Comm Biol*, 2021)

#### (8) システム生物学による耐性株の取得による光合成の再最適化への道筋

光化学系や細胞の代謝反応の素過程を統合するゲノムスケール代謝シミュレーション (GMM) とリバース・エンジニアリングである実験室進化の変異結果から、シアノバクテリア *Syn sp. PCC6803* (GT 株) においては、光化学系の光環境に対する「効率的なエネルギーの獲得」と「過剰光からの防御」のバランスは、いずれも PSI/PSII の励起比を中心とした電子伝達機構の柔軟な制御に帰結していることが明らかとなった。GMM は定常状態を仮定することによって細胞全体の反応を統一的に取り扱うことが可能となり、光化学系のサイクリック電子伝達、代謝の様式を明らかにすることができた。このモデルにおいては、代謝物質濃度やプロトン濃度を陽に扱うことはしないが、過剰光環境下においては、PSI/PSII の励起比を鍵となるパラメータとしてモデルに取り込むことで、異なる光の条件に対する光化学系の状態を反映させることに成功した。すなわち、強光条件で、プロトン濃度が上昇することにより、光化学系の中でフィコビリソームが PSII から PSI へ移動したり、PSII・PSI の超複合体形成が起こっていると示唆される状態を (PSI/PSII) 励起比というパラメータとしてモデル内に取り込むことで、過剰光条件では、PSI/PSII 励起比が 1 より大きくなって、NDPH 生成が減少するよう NDH-2 を電子の受容体とするサイクリック電子伝達が起こることが示された。一方、効率的なエネルギーの獲得できる光条件では、PSI/PSII の励起比はほぼ 1 に近く、PSII と PSI は同程度の大きさで励起され、NDH-1 を利用したサイクリック電子伝達が行われていると考えられた。このとき、代謝側では、酸化のペントースリン酸経路は利用せず、最大の細胞増殖を達成していると考えられる。このことは、実験的に決定された代謝フラックス解析からも支持されており、細胞増殖最適化のための光化学系の満たすべき条件ということが言える。

一方、実験室進化により得られた強光条件に耐性を示す変異株においても「過剰光からの防御」の戦略は、PSI/PSII の励起比の効果的な制御を示唆する結果となった。すなわち、実験室進化によって得られた強光耐性株においては蛍光時間分解測定解析から PSII における光化学系における速やかなエネルギー伝達が行われていると考えられ、過剰光に対して光化学系における状態遷移が起き速やかなエネルギー散逸を行っていると考えられた。このことは、シミュレーションで得られた (PSI/PSII) の励起比が上昇して NADPH 生成を抑えているのに対応していると考えられた。このように、過剰光に対する防御には効果的な状態遷移が必要であることがシミュレーション、代謝フラックス解析、実験室進化結果から示唆された。与えられた光環境において「効率的な光エネルギーの利用」や「過剰光からの防御」を最適な (PSI/PSII) 比により制御できる技術開発を行っていくことが今後、重要になることが明らかとなった。

#### (9) 光合成システムバイオロジーの確立へ向けて

本研究では、GMM という光化学系と細胞の代謝や増殖の関係を俯瞰できるプラットフォームを構築することで理解を深めることに成功した。また、本計画班のメンバーが担当する光合成機能解析センターのメタボローム/プロテオーム解析により、光合成生物の代謝、タンパク質の様態を広く解析し、光合成に関する有用な情報を集積することができた。今後、光合成システムバイオロジーとして知見が統合され研究基盤形成の確立に貢献すると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計48件（うち査読付論文 47件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 16件）

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshikawa Katsunori, Ogawa Kenichi, Toya Yoshihiro, Akimoto Seiji, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi  | 4. 巻<br>4                     |
| 2. 論文標題<br>Mutations in hik26 and slr1916 lead to high-light stress tolerance in <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803  | 5. 発行年<br>2021年               |
| 3. 雑誌名<br>Communications Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>-               |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s42003-021-01875-y   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Deschoenmaecker Frederic, Mihara Shoko, Niwa Tatsuya, Taguchi Hideki, Wakabayashi Ken-Ichi, Toyoshima Masakazu, Shimizu Hiroshi, Hisabori Toru | 4. 巻<br>-                     |
| 2. 論文標題<br>Thioredoxin pathway in <i>Anabaena</i> sp. PCC 7120: activity of NADPH-thioredoxin reductase C  | 5. 発行年<br>2021年               |
| 3. 雑誌名<br>The Journal of Biochemistry  | 6. 最初と最後の頁<br>-               |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/jb/mvab014   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                  |
| 1. 著者名<br>Toyoshima Masakazu, Yamamoto Chiaki, Ueno Yoshifumi, Toya Yoshihiro, Akimoto Seiji, Shimizu Hiroshi  | 4. 巻<br>304                   |
| 2. 論文標題<br>Role of type I NADH dehydrogenase in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 under phycobilisome excited red light                                  | 5. 発行年<br>2021年               |
| 3. 雑誌名<br>Plant Science  | 6. 最初と最後の頁<br>110798 ~ 110798 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.plantsci.2020.110798   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Yamamoto Chiaki, Toyoshima Masakazu, Kitamura Sayaka, Ueno Yoshifumi, Akimoto Seiji, Toya Yoshihiro, Shimizu Hiroshi                           | 4. 巻<br>131                   |
| 2. 論文標題<br>Estimation of linear and cyclic electron flows in photosynthesis based on <sup>13</sup> C-metabolic flux analysis                             | 5. 発行年<br>2021年               |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering   | 6. 最初と最後の頁<br>277 ~ 282       |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2020.11.002   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Nishiguchi Hiroki, Liao James, Shimizu Hiroshi, Matsuda Fumio   | 4. 巻<br>11                    |
| 2. 論文標題<br>Novel allosteric inhibition of phosphoribulokinase identified by ensemble kinetic modeling of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 metabolism | 5. 発行年<br>2020年               |
| 3. 雑誌名<br>Metabolic Engineering Communications  | 6. 最初と最後の頁<br>e00153 ~ e00153 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.mec.2020.e00153   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                  |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Toyoshima Masakazu, Tokumaru Yuma, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi  | 4. 巻<br>25                |
| 2. 論文標題<br>Assessment of Protein Content and Phosphorylation Level in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 under Various Growth Conditions Using Quantitative Phosphoproteomic Analysis | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Molecules  | 6. 最初と最後の頁<br>3582 ~ 3582 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3390/molecules25163582  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Iijima Hiroko, Watanabe Atsuko, Sukigara Haruna, Iwazumi Kaori, Shirai Tomokazu, Kondo Akihiko, Osanai Takashi  | 4. 巻<br>65            |
| 2. 論文標題<br>Four-carbon dicarboxylic acid production through the reductive branch of the open cyanobacterial tricarboxylic acid cycle in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>Metabolic Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>88 ~ 98 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.ymben.2021.03.007   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Hakamada Takumi, Ogino Tatsumi, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>105               |
| 2. 論文標題<br>Reconstitution of oxaloacetate metabolism in the tricarboxylic acid cycle in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803: discovery of important factors that directly affect the conversion of oxaloacetate | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>The Plant Journal   | 6. 最初と最後の頁<br>1449 ~ 1458 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1111/tpj.15120   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshida Chihiro, Murakami Miyabi, Niwa Anna, Takeya Masahiro, Osanai Takashi                                       | 4. 巻<br>131             |
| 2. 論文標題<br>Efficient extraction and preservation of thermotolerant phycocyanins from red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering   | 6. 最初と最後の頁<br>161 ~ 167 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2020.09.021   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshioka Kazumasa, Suzuki Kengo, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>51                    |
| 2. 論文標題<br>Effect of pH on metabolite excretion and cell morphology of <i>Euglena gracilis</i> under dark, anaerobic conditions | 5. 発行年<br>2020年               |
| 3. 雑誌名<br>Algal Research  | 6. 最初と最後の頁<br>102084 ~ 102084 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.algal.2020.102084   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Iwazumi Kaori, Sukigara Haruna, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>11      |
| 2. 論文標題<br>Fumarase From <i>Cyanidioschyzon merolae</i> Stably Shows High Catalytic Activity for Fumarate Hydration Under High Temperature Conditions | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Microbiology   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fmicb.2020.560894   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>477               |
| 2. 論文標題<br>Unconventional biochemical regulation of the oxidative pentose phosphate pathway in the model cyanobacterium <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Biochemical Journal   | 6. 最初と最後の頁<br>1309 ~ 1321 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1042/BCJ20200038   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Iijima Hiroko, Watanabe Atsuko, Sukigara Haruna, Shirai Tomokazu, Kondo Akihiko, Osanai Takashi                                | 4. 巻<br>117               |
| 2. 論文標題<br>Simultaneous increases in the levels of compatible solutes by cost effective cultivation of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Biotechnology and Bioengineering   | 6. 最初と最後の頁<br>1649 ~ 1660 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/bit.27324  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Kizawa Ayumi, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>66              |
| 2. 論文標題<br>Overexpression of the response regulator <i>rpaA</i> causes an impaired cell division in the <i>Cyanobacterium Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>The Journal of General and Applied Microbiology  | 6. 最初と最後の頁<br>121 ~ 128 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.2323/jgam.2020.01.004   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Toyoshima Masakazu, Toya Yoshihiro, Shimizu Hiroshi   | 4. 巻<br>143           |
| 2. 論文標題<br>Flux balance analysis of cyanobacteria reveals selective use of photosynthetic electron transport components under different spectral light conditions | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>Photosynthesis Research   | 6. 最初と最後の頁<br>31 ~ 43 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s11120-019-00678-x  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Adachi Shunsuke, Tanaka Yu, Miyagi Atsuko, Kashima Makoto, Tezuka Ayumi, Toya Yoshihiro, Kobayashi Shunzo, Ohkubo Satoshi, Shimizu Hiroshi, Kawai-Yamada Maki, Sage Rowan F, Nagano Atsushi J, Yamori Wataru | 4. 巻<br>70                |
| 2. 論文標題<br>High-yielding rice Takanari has superior photosynthetic response to a commercial rice Koshihikari under fluctuating light   | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Experimental Botany   | 6. 最初と最後の頁<br>5287 ~ 5297 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/jxb/erz304   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Unconventional biochemical regulation of the oxidative pentose phosphate pathway in the model cyanobacterium <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Biochemical Journal   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1042/BCJ20200038   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Iijima Hiroko, Watanabe Atsuko, Sukigara Haruna, Shirai Tomokazu, Kondo Akihiko, Osanai Takashi                                | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Simultaneous increases in the levels of compatible solutes by cost effective cultivation of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Biotechnology and Bioengineering   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/bit.27324  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Kizawa Ayumi, Osanai Takashi  | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Overexpression of the response regulator rpaA causes an impaired cell division in the <i>Cyanobacterium Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>The Journal of General and Applied Microbiology   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.2323/jgam.2020.01.004  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Katayama Noriaki, Takeya Masahiro, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>9                   |
| 2. 論文標題<br>Biochemical characterisation of fumarase C from a unicellular cyanobacterium demonstrating its substrate affinity, altered by an amino acid substitution | 5. 発行年<br>2019年             |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports  | 6. 最初と最後の頁<br>10629 ~ 10629 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41598-019-47025-7  | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Arisaka Satomi, Terahara Nodoka, Oikawa Akira, Osanai Takashi                                     | 4. 巻<br>41                    |
| 2. 論文標題<br>Increased polyhydroxybutyrate levels by ntcA overexpression in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2019年               |
| 3. 雑誌名<br>Algal Research  | 6. 最初と最後の頁<br>101565 ~ 101565 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.algal.2019.101565   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Koyama Naoto, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>9                 |
| 2. 論文標題<br>Citrate synthase from <i>Synechocystis</i> is a distinct class of bacterial citrate synthase | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports  | 6. 最初と最後の頁<br>6038 ~ 6038 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41598-019-42659-z  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Maruyama Masaharu, Nishiguchi Hiroki, Toyohima Masakazu, Okahashi Nobuyuki, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi        | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Time-resolved analysis of short term metabolic adaptation at dark transition in <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803 | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience Bioengineering  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Nishiguchi Hiroki, Hiasa Natsuki, Uebayashi Kiyoka, Liao James, Shimizu Hiroshi, Matsuda Fumio  | 4. 巻<br>52              |
| 2. 論文標題<br>Transomics data-driven, ensemble kinetic modeling for system-level understanding and engineering of the cyanobacteria central metabolism | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>Metabolic Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>273 ~ 283 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.ymben.2019.01.004   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Toyoshima Masakazu, Sakata Masumi, Ohnishi Kazuki, Tokumaru Yuma, Kato Yusuke, Tokutsu Ryutaro, Sakamoto Wataru, Minagawa Jun, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi | 4. 巻<br>127             |
| 2. 論文標題<br>Targeted proteome analysis of microalgae under high-light conditions by optimized protein extraction of photosynthetic organisms                             | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering  | 6. 最初と最後の頁<br>394 ~ 402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.09.001  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Ogawa Kenichi, Yoshikawa Katsunori, Matsuda Fumio, Toya Yoshihiro, Shimizu Hiroshi  | 4. 巻<br>126             |
| 2. 論文標題<br>Transcriptome analysis of the cyanobacterium <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 and mechanisms of photoinhibition tolerance under extreme high light conditions | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering  | 6. 最初と最後の頁<br>596 ~ 602 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.05.015  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Tokumaru Yuma, Uebayashi Kiyoka, Toyoshima Masakazu, Osanai Takashi, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi                                     | 4. 巻<br>23                |
| 2. 論文標題<br>Comparative Targeted Proteomics of the Central Metabolism and Photosystems in SigE Mutant Strains of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>Molecules   | 6. 最初と最後の頁<br>1051 ~ 1051 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3390/molecules23051051   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Ueda Kentaro, Nakajima Tsubasa, Yoshikawa Katsunori, Toya Yoshihiro, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi                        | 4. 巻<br>126           |
| 2. 論文標題<br>Metabolic flux of the oxidative pentose phosphate pathway under low light conditions in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering   | 6. 最初と最後の頁<br>38 ~ 43 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.01.020   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Arisaka Satomi, Sukigara Haruna, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>126             |
| 2. 論文標題<br>Genetic manipulation to overexpress rpaA altered photosynthetic electron transport in Synechocystis sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Bioscience and Bioengineering  | 6. 最初と最後の頁<br>139 ~ 144 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.02.005  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Takeya Masahiro, Ito Shoki, Sukigara Haruna, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>9         |
| 2. 論文標題<br>Purification and Characterisation of Malate Dehydrogenase From Synechocystis sp. PCC 6803: Biochemical Barrier of the Oxidative Tricarboxylic Acid Cycle | 5. 発行年<br>2018年   |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Plant Science  | 6. 最初と最後の頁<br>947 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fpls.2018.00947   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Osanai Takashi  | 4. 巻<br>12         |
| 2. 論文標題<br>Single Amino Acid Change in 6-Phosphogluconate Dehydrogenase from Synechocystis Conveys Higher Affinity for NADP+ and Altered Mode of Inhibition by NADPH | 5. 発行年<br>2018年    |
| 3. 雑誌名<br>Plant and Cell Physiology  | 6. 最初と最後の頁<br>2461 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/pcp/pcy165   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Tomita Yuko, Takeya Masahiro, Suzuki Kengo, Nitta Nobuko, Higuchi Chieko, Marukawa-Hashimoto Yuka, Osanai Takashi | 4. 巻<br>37              |
| 2. 論文標題<br>Amino acid excretion from Euglena gracilis cells in dark and anaerobic conditions                                | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>Algal Research  | 6. 最初と最後の頁<br>169 ~ 177 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.algal.2018.11.017   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Katayama Noriaki, Iijima Hiroko, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>1080            |
| 2. 論文標題<br>Production of Bioplastic Compounds by Genetically Manipulated and Metabolic Engineered Cyanobacteria | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>Advances in Experimental Medicine and Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>155 ~ 169 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/978-981-13-0854-3_7   | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Ueda Kentaro, Nakajima Tsubasa, Yoshikawa Katsunori, Toya Yoshihiro, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi                        | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Metabolic flux of the oxidative pentose phosphate pathway under low light conditions in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2018年 |
| 3. 雑誌名<br>J. Biosci. Bioeng.   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.01.020   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Matsusako Takuya, Toya Yoshihiro, Yoshikawa Katsunori, Shimizu Hiroshi   | 4. 巻<br>10        |
| 2. 論文標題<br>Identification of alcohol stress tolerance genes of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 using adaptive laboratory evolution | 5. 発行年<br>2017年   |
| 3. 雑誌名<br>Biotechnology for Biofuels   | 6. 最初と最後の頁<br>307 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1186/s13068-017-0996-5  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Arisaka Satomi, Sukigara Haruna, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Genetic manipulation to overexpress <i>rpaA</i> altered photosynthetic electron transport in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2018年 |
| 3. 雑誌名<br>J. Biosci. Bioeng.  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiosc.2018.02.005  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Takeya Masahiro, Iijima Hiroko, Sukigara Haruna, Osanai Takashi   | 4. 巻<br>59            |
| 2. 論文標題<br>Cluster-Level Relationships of Genes Involved in Carbon Metabolism in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803: Development of a Novel Succinate-Producing Strain | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Plant Cell Physiol.   | 6. 最初と最後の頁<br>72 ~ 81 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/pcp/pcx162  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Ito Shoki, Takeya Masahiro, Osanai Takashi  | 4. 巻<br>7           |
| 2. 論文標題<br>Substrate Specificity and Allosteric Regulation of a d-Lactate Dehydrogenase from a Unicellular Cyanobacterium are Altered by an Amino Acid Substitution | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>Sci. Rep.   | 6. 最初と最後の頁<br>15052 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41598-017-15341-5  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Yasuda Chika, Iijima Hiroko, Sukigara Haruna, Osanai Takashi  | 4. 巻<br>7          |
| 2. 論文標題<br>Incubation of cyanobacteria under dark, anaerobic conditions and quantification of the excreted Organic acids by HPLC. | 5. 発行年<br>2017年    |
| 3. 雑誌名<br>Bio-protocol  | 6. 最初と最後の頁<br>e225 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.21769/BioProtoc.2257   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Osanai Takashi, Kuwahara Ayuko, Otsuki Hitomi, Saito Kazuki, Yokota Hirai Masami               | 4. 巻<br>58              |
| 2. 論文標題<br>ACR11 is an Activator of Plastid-Type Glutamine Synthetase GS2 in <i>Arabidopsis thaliana</i> | 5. 発行年<br>2017年         |
| 3. 雑誌名<br>Plant Cell Physiol.  | 6. 最初と最後の頁<br>650 ~ 657 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/pcp/pcx033   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Katsunori Yoshikawa, Yoshihiro Toya, Hiroshi Shimizu   | 4. 巻<br>40        |
| 2. 論文標題<br>Metabolic engineering of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 for enhanced ethanol production based on flux balance analysis | 5. 発行年<br>2017年   |
| 3. 雑誌名<br>Bioprocess and Biosystems Engineering  | 6. 最初と最後の頁<br>1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00449-017-1744-8  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Tsubasa Nakajima, Katsunori Yoshikawa, Yoshihiro Toya, Fumio Matsuda, and Hiroshi Shimizu   | 4. 巻<br>58            |
| 2. 論文標題<br>Metabolic flux analysis of <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803 nrtABCD mutant reveals a mechanism for metabolic adaptation to nitrogen-limited conditions | 5. 発行年<br>2016年       |
| 3. 雑誌名<br>Plant and Cell Physiology   | 6. 最初と最後の頁<br>537-545 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/pcp/pcx047  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Katsunori Namakoshi, Tsubasa Nakajima, Katsunori Yoshikawa, Yoshihiro Toya, Hiroshi Shimizu                              | 4. 巻<br>239         |
| 2. 論文標題<br>Combinatorial deletions of <i>glgC</i> and <i>phaCE</i> enhance ethanol production in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 | 5. 発行年<br>2016年     |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Biotechnology   | 6. 最初と最後の頁<br>13-19 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.jbiotec.2016.09.016  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Takashi Osanai, Ayuko Kuwahara, Hitomi Otsuki, Kazuki Saito, Masami Yokota Hirai               | 4. 巻<br>58            |
| 2. 論文標題<br>ACR11 is an activator of plastid-type glutamine synthetase GS2 in <i>Arabidopsis thaliana</i> | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Plant & Cell Physiology  | 6. 最初と最後の頁<br>650-657 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/pcp/pcx033   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Takashi Osanai, Youn-Il Park, Yuki Nakamura  | 4. 巻<br>8         |
| 2. 論文標題<br>Editorial: biotechnology of microalgae, based on molecular biology and biochemistry of eukaryotic algae and cyanobacteria | 5. 発行年<br>2017年   |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Microbiology  | 6. 最初と最後の頁<br>118 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fmicb.2017.00118.  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する      |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Masahiko Takeya, Masami Yokota Hirai, Takashi Osanai   | 4. 巻<br>7           |
| 2. 論文標題<br>Allosteric inhibition of phosphoenolpyruvate carboxylases is determined by a single amino acid residue in cyanobacteria | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports   | 6. 最初と最後の頁<br>41080 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/srep41080.   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Yuko Tomita, Kazumasa Yoshioka, Hiroko Iijima, Ayaka Nakashima, Osamu Iwata, Kengo Suzuki, Tomohisa Hasunuma, Akihiko Kondo, Masami Yokota Hirai, Takashi Osanai | 4. 巻<br>7          |
| 2. 論文標題<br>Succinate and lactate production from Euglena gracilis during dark, anaerobic conditions  | 5. 発行年<br>2016年    |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Microbiology  | 6. 最初と最後の頁<br>2050 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fmicb.2016.02050.  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Sakiko Ueda, Yuhki Kawamura, Hiroko Iijima, Mitsuharu Nakajima, Tomokazu Shirai, Mami Okamoto, Akihiko Kondo, Masami Yokota Hirai, Takashi Osanai | 4. 巻<br>6           |
| 2. 論文標題<br>Anionic metabolite biosynthesis enhanced by potassium under dark, anaerobic conditions in cyanobacteria  | 5. 発行年<br>2016年     |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports  | 6. 最初と最後の頁<br>32354 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/srep32354.  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

〔学会発表〕 計99件（うち招待講演 22件 / うち国際学会 18件）

|                              |
|------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩               |
| 2. 発表標題<br>プロトン駆動力による細胞内代謝制御 |
| 3. 学会等名<br>新光合成最終領域会議        |
| 4. 発表年<br>2020年              |

|                              |
|------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩               |
| 2. 発表標題<br>プロトン駆動力による細胞内代謝制御 |
| 3. 学会等名<br>令和2年度春季新光合成領域会議   |
| 4. 発表年<br>2020年              |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takashi Osanai   |
| 2. 発表標題<br>Organic acid excretion from cyanobacteria during fermentation            |
| 3. 学会等名<br>Genetic Modification Tools in Cyanobacteria and Microalgae (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Chiaki Yamamoto、 Sayaka Kitamura、 Masakazu Toyoshima、 Yoshihiro Toya、 Hiroshi Shimizu         |
| 2. 発表標題<br>13C-metabolic flux analysis reveals photosynthetic cofactor production rates in cyanobacteria |
| 3. 学会等名<br>上海交通大学学术交流セミナー (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>FBA シミュレーションによるシアノバクテリアにおける PSI/PSII 励起比と光合成電子伝達フラックスの関係ならびに NDH-1 の機能解析 |
| 3. 学会等名<br>第6回光合成細菌ワークショップ (招待講演)   |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩                   |
| 2. 発表標題<br>光合成生物のシステムバイオロジー      |
| 3. 学会等名<br>第62回日本植物生理学会年会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2021年                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩                                     |
| 2. 発表標題<br>Synechocystis sp. PCC 6803の ndhD1/D2株を用いたレドックスバランス感知フィコビリソーム分解制御機構の解析 |
| 3. 学会等名<br>第62回日本植物生理学会年会  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Masakazu Yajima, Masakazu Toyoshima, Yoshihiro Toya, Hiroshi Shimizu                                      |
| 2. 発表標題<br>NAD(P)H dehydrogenase deletion enhances accumulation of polyhydroxybutyrate in Synechocystis sp. PCC 6803 |
| 3. 学会等名<br>第62回日本植物生理学会年会  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>田島 遼太郎、池原 万由、戸谷 吉博、清水 浩     |
| 2. 発表標題<br>動的代謝モデルを用いたカルビン回路の代謝制御機構の解析 |
| 3. 学会等名<br>第62回日本植物生理学会年会              |
| 4. 発表年<br>2021年                        |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩                       |
| 2. 発表標題<br>異なる波長の光照射下におけるシアノバクテリアの光合成と代謝のシミュレーション予測による適応機構の解析 |
| 3. 学会等名<br>日本植物学会第84回大会                                       |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shimizu Hiroshi   |
| 2. 発表標題<br>in silico analysis and design of photosynthesis and metabolic pathways of Synechocystis sp. PCC6803 |
| 3. 学会等名<br>日米二国間セミナー（招待講演）（国際学会）   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Toyoshima Masakazu、Yamamoto Chiaki、Ueno Yoshifumi、Toya Yoshihiro、Akimoto Seiji、Shimizu Hiroshi                        |
| 2. 発表標題<br>FBA simulation of photosynthetic electron flow of Synechocystis sp. PCC 6803 under different spectral light condition |
| 3. 学会等名<br>日米二国間セミナー（国際学会）   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shimizu Hiroshi、Toyoshima Masakazu、Toya Yoshihiro、Matsuda Fumio |
| 2. 発表標題<br>Metabolic Engineering of <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803       |
| 3. 学会等名<br>APCCChE 2019 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Osanai Takashi  |
| 2. 発表標題<br>Metabolic engineering of cyanobacteria and eukaryotic algae based on biochemistry and molecular biology |
| 3. 学会等名<br>Cyano2019 (招待講演) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>FBAシミュレーションによる異なる波長の光照射下における <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803の光合成電子伝達経路の選択的使用の解明 |
| 3. 学会等名<br>日本植物生理学会2020年度大阪年会  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>山本千晶、北村さや香、豊島正和、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩                  |
| 2. 発表標題<br>13C代謝フラックス解析を用いたシアノバクテリアにおける光化学系からのATP/NADPH生産速度の推定 |
| 3. 学会等名<br>日本植物生理学会2020年度大阪年会                                  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩                 |
| 2. 発表標題<br>化学量論モデルを用いたFBAシミュレーションによるシアノバクテリアの光合成電子伝達の解析 |
| 3. 学会等名<br>第5回光合成細菌ワークショップ（招待講演）                        |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>田島遼太郎、池原万由、戸谷吉博、清水浩         |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのカルビン回路の反応速度論モデルの開発 |
| 3. 学会等名<br>化学工学会第85年会                  |
| 4. 発表年<br>2020年                        |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、植野嘉文、戸谷吉博、秋本誠志、清水浩     |
| 2. 発表標題<br>FBAによるシアノバクテリアの光合成電子伝達フラックス状態の解析 |
| 3. 学会等名<br>令和元年度秋季新光合成領域会議                  |
| 4. 発表年<br>2019年                             |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>山本千晶、北村さや香、豊島正和、戸谷吉博、清水浩                    |
| 2. 発表標題<br>13C代謝フラックス解析によるシアノバクテリアにおける光化学反応の補酵素生産速度の推定 |
| 3. 学会等名<br>令和元年度秋季新光合成領域会議                             |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、大西一輝、戸谷吉博、松田史生、清水浩                              |
| 2. 発表標題<br>異なる波長の光照射下におけるSynechocystis sp. PCC 6803の網羅的定量プロテオームと絶対定量 |
| 3. 学会等名<br>藍藻の分子生物学2019  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、戸谷吉博、清水浩                                     |
| 2. 発表標題<br>FBAシミュレーションによる単波長光照射下におけるシアノバクテリアの光合成電子伝達経路のフラックス状態の解析 |
| 3. 学会等名<br>第71回日本生物工学会大会  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>山本千晶、北村さや香、豊島正和、戸谷吉博、清水浩                 |
| 2. 発表標題<br>13C代謝フラックス解析に基づくシアノバクテリアの単波長光照射下に対する応答解析 |
| 3. 学会等名<br>第71回日本生物工学会大会                            |
| 4. 発表年<br>2019年                                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、大西一輝、阪田真澄、戸谷吉博、清水浩              |
| 2. 発表標題<br>QconCAT法を用いたシアノバクテリア光合成装置の絶対定量に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>新光合成、光合成若手の会ジョイント若手ワークショップ           |
| 4. 発表年<br>2019年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、山本千晶、戸谷吉博、清水浩                                  |
| 2. 発表標題<br>FBAシミュレーションによる異なるPSI/PSII励起比におけるシアノバクテリアの光合成電子伝達の解析 |
| 3. 学会等名<br>2019年度ラン藻ゲノム交流会（招待講演）                               |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|                              |
|------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩               |
| 2. 発表標題<br>プロトン駆動力による細胞内代謝制御 |
| 3. 学会等名<br>令和元年度春季新光合成領域会議   |
| 4. 発表年<br>2019年              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、清水浩                               |
| 2. 発表標題<br>異なるPSI/PSII励起比における光合成電子伝達並びに呼吸鎖のフラックスバランス解析 |
| 3. 学会等名<br>令和元年度春季新光合成領域会議                             |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>山本千晶、北村さやか、豊島正和、戸谷吉博、清水浩                              |
| 2. 発表標題<br>異なる波長の光照射下におけるシアノバクテリアの中心代謝の <sup>13</sup> C代謝フラックス解析 |
| 3. 学会等名<br>令和元年度春季新光合成領域会議                                       |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、清水浩                                 |
| 2. 発表標題<br>FBAによる単波長光照射下におけるシアノバクテリアの光合成電子伝達と代謝のシミュレーション |
| 3. 学会等名<br>第10回日本光合成学会年会およびシンポジウム                        |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                            |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのクエン酸回路を基盤としたバイオプラ原料の生産 |
| 3. 学会等名<br>第71回日本生物工学会大会（招待講演）             |
| 4. 発表年<br>2019年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shimizu Hiroshi   |
| 2. 発表標題<br>Systems Biology and Metabolic Engineering of Photosynthetic Organisms                 |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis 2018（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Toyoshima Masakazu、Toya Yoshihiro、Shimizu Hiroshi   |
| 2. 発表標題<br>Relationship between PSI/PSII excitation ratio and photosynthetic electron transport of <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 by FBA simulation |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis 2018（国際学会）   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Nishiguchi Hiroki, Nagai Hikaru, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi                                    |
| 2. 発表標題<br>Rational metabolic engineering of central metabolism in cyanobacteria using kinetic model ensemble |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis 2018 (国際学会)                   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tokumaru Yuma, Toyoshima Masakazu, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi   |
| 2. 発表標題<br>Target phosphoproteome analysis of Synchocystis sp PCC 6803 using nano liquid chromatography- triple quadrupole mass spectrometry |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis 2018 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Nishiguchi Hiroki, Nagai Hikaru, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi                          |
| 2. 発表標題<br>Dynamic modeling of central metabolism in cyanobacteria for improving ethanol production |
| 3. 学会等名<br>13th KAIST-OSAKA U Symposium 2018 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tokumaru Yuma, Toyoshima Masakazu, Matsuda Fumio, Shimizu Hiroshi   |
| 2. 発表標題<br>Target phosphoproteome analysis of Synchocystis sp PCC 6803 using nano liquid chromatography- triple quadrupole mass spectrometry |
| 3. 学会等名<br>13th KAIST-OSAKA U Symposium 2018 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Osanai Takashi   |
| 2. 発表標題<br>Overview of microalgal biotechnology based on enzymatic analyses |
| 3. 学会等名<br>RIKEN Seminar (招待講演) (国際学会)                                      |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Arisaka Satomi, Terahara Nodoka, Oikawa Akira, Osanai Takashi  |
| 2. 発表標題<br>Relationship between increased production of PHB and photosynthesis due to overexpression of ntcA in <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803 |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis2018 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、戸谷吉博、松田史生、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>異なる波長の光照射下における <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803の網羅的定量プロテオーム解析 |
| 3. 学会等名<br>第60回植物生理学会年会   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>山本千晶、北村さやか、豊島正和、戸谷吉博、清水浩                              |
| 2. 発表標題<br>異なる波長の光照射下におけるシアノバクテリアの中心代謝の <sup>13</sup> C代謝フラックス解析 |
| 3. 学会等名<br>第61回植物生理学会年会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、清水浩                             |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのゲノムスケール代謝モデルを用いたFBAシミュレーションによる解析 |
| 3. 学会等名<br>第5回分子珪藻研究会                                |
| 4. 発表年<br>2018年                                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、清水浩                                      |
| 2. 発表標題<br>FBAシミュレーションによる単波長光照射下におけるPSI/PSII励起比とサイクリック電子伝達の解析 |
| 3. 学会等名<br>平成30年度秋季領域会議                                       |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩                  |
| 2. 発表標題<br>代謝工学による光合成の統合解析と工学応用 |
| 3. 学会等名<br>第70回日本生物工学会大会 シンポジウム |
| 4. 発表年<br>2018年                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>清水浩                             |
| 2. 発表標題<br>計算機工学に基づく代謝設計とその有効性の実証に関する研究    |
| 3. 学会等名<br>第70回日本生物工学会大会 生物工学功績賞受賞講演(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年                            |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、戸谷吉博、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>様々な波長の光照射下におけるシアノバクテリアの解析 |
| 3. 学会等名<br>第70回日本生物工学会大会             |
| 4. 発表年<br>2018年                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西口大貴、永井暉、松田史生、清水浩                     |
| 2. 発表標題<br>動的代謝モデルアンサンブルを用いたエタノール生産シアノバクテリアの代謝工学 |
| 3. 学会等名<br>第70回日本生物工学会大会                         |
| 4. 発表年<br>2018年                                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>丸山正晴、西口大貴、豊島正和、松田史生、清水浩         |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリア中心炭素代謝における光量変化時の短期応答の解析 |
| 3. 学会等名<br>第70回日本生物工学会大会                   |
| 4. 発表年<br>2018年                            |

|                              |
|------------------------------|
| 1. 発表者名<br>清水浩               |
| 2. 発表標題<br>プロトン駆動力による細胞内代謝制御 |
| 3. 学会等名<br>平成30年度春季新光合成領域会議  |
| 4. 発表年<br>2018年              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>戸谷吉博、豊島正和、清水浩               |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアの代謝モデルを利用した動的解析に向けて |
| 3. 学会等名<br>平成30年度春季新光合成領域会議            |
| 4. 発表年<br>2018年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>FBAを用いた様々な波長の光照射下におけるSynechocystis sp. PCC 6803の野生株とNDH-1欠損株の代謝シミュレーション |
| 3. 学会等名<br>平成30年度春季新光合成領域会議  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大西一輝、徳丸雄磨、得津隆太郎、皆川純、豊島正和、松田史生、清水浩      |
| 2. 発表標題<br>クラミドモナス光化学系の定量プロテオーム解析とQconCAT法による絶対定量 |
| 3. 学会等名<br>平成30年度春季新光合成領域会議                       |
| 4. 発表年<br>2018年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>吉川勝徳、小川健一、戸谷吉博、秋本誠志、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>適応進化実験によるシアノバクテリア強光耐性株の獲得とその解析 |
| 3. 学会等名<br>第9回日本光合成学会年会およびシンポジウム          |
| 4. 発表年<br>2018年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>様々な波長の光照射下のSynechocystis sp. PCC 6803 の野生株とNDH-1欠損株の生育を代謝シミュレーションする |
| 3. 学会等名<br>第9回日本光合成学会年会およびシンポジウム   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大西一輝, 徳丸雄磨, 得津隆太郎, 皆川純, 豊島正和, 松田史生, 清水浩 |
| 2. 発表標題<br>クラミドモナス光化学系の定量プロテオミクス法の検討と利用            |
| 3. 学会等名<br>第9回日本光合成学会年会およびシンポジウム                   |
| 4. 発表年<br>2018年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                          |
| 2. 発表標題<br>ピルビン酸関連酵素からみるシアノバクテリア炭素代謝の不思議 |
| 3. 学会等名<br>マリンバイオテクノロジー学会（招待講演）          |
| 4. 発表年<br>2018年                          |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                    |
| 2. 発表標題<br>微細藻類の遺伝子工学による二酸化炭素からの有用 |
| 3. 学会等名<br>高分子討論会（招待講演）            |
| 4. 発表年<br>2018年                    |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                   |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのメタボロミクスと有機酸生産 |
| 3. 学会等名<br>メタボロームシンポジウム（招待講演）     |
| 4. 発表年<br>2018年                   |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                    |
| 2. 発表標題<br>嫌気発酵条件におけるバイオコハク酸の細胞外生産 |
| 3. 学会等名<br>ユークレナ研究会（招待講演）          |
| 4. 発表年<br>2018年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大西一輝、徳丸雄磨、得津隆太郎、皆川純、豊島正和、松田史生、清水浩 |
| 2. 発表標題<br>クラミドモナス光化学系の定量プロテオミクス法の開発         |
| 3. 学会等名<br>日本農芸化学会2018年度大会                   |
| 4. 発表年<br>2018年                              |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>丸山正晴、西口大貴、豊島正和、松田史生、清水浩 |
| 2. 発表標題<br>光量変化に対するシアノバクテリア代謝応答の解析 |
| 3. 学会等名<br>日本農芸化学会2018年度大会         |
| 4. 発表年<br>2018年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>和田圭介、植林希代加、戸谷吉博、傳寶雄大、Putri Sastia、松田史生、福崎英一郎、James C Liao、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>安定同位体非定常の <sup>13</sup> C代謝フラックス解析およびプロテオーム解析によるn-ブタノールを生産する <i>Synechococcus elongatus</i> PCC 7942の代謝状態の推定 |
| 3. 学会等名<br>化学工学会第83年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>FBAを用いた様々な波長の光条件下における <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803の代謝シミュレーション |
| 3. 学会等名<br>第59回日本植物生理学会年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>徳丸雄磨・豊島正和、松田史生、清水浩  |
| 2. 発表標題<br>四重極タンデム質量分析装置を用いた <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803のターゲットリン酸化プロテオーム解析 |
| 3. 学会等名<br>第59回日本植物生理学会年会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>和田圭介、戸谷吉博、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br><sup>13</sup> C代謝フラックス解析を用いた <i>Synechocystis</i> sp. PCC 6803の <i>ndhF</i> 遺伝子破壊株におけるNADPH消費機構の寄与率の解明 |
| 3. 学会等名<br>第59回日本植物生理学会年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>清水浩、豊島正和、戸谷吉博、松田史生              |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのシステムバイオロジーによる統合理解と工学応用 |
| 3. 学会等名<br>藍藻の分子生物学2017                    |
| 4. 発表年<br>2017年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、松田史生、清水浩                  |
| 2. 発表標題<br>nanoLC-MSを用いたシアノバクテリアの網羅的定量プロテオーム解析 |
| 3. 学会等名<br>藍藻の分子生物学2017                        |
| 4. 発表年<br>2017年                                |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大西一輝、徳丸雄磨、阪田真澄、豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩                     |
| 2. 発表標題<br>Chlamydomonas reinhardtiiの定量プロテオミクスのための膜タンパク質可溶化手法の検討 |
| 3. 学会等名<br>科研費新学術領域研究平成29年度秋期領域会議                                |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>徳丸雄磨、植林希代加、豊島正和、小山内崇、松田史生、清水浩        |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアのSigEの代謝制御解明に向けた定量プロテオーム解析 " |
| 3. 学会等名<br>科研費新学術領域研究平成29年度秋期領域会議               |
| 4. 発表年<br>2017年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩                                   |
| 2. 発表標題<br>Synechocystis sp. PCC 6803における多様な波長の光環境下での代謝シミュレーション |
| 3. 学会等名<br>科研費新学術領域研究平成29年度秋期領域会議                               |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、阪田真澄、大西一輝、徳丸雄磨、松田史生、清水浩               |
| 2. 発表標題<br>nanoLC-MSを用いた網羅的定量プロテオーム解析に向けたタンパク質抽出方法の検討 |
| 3. 学会等名<br>科研費新学術領域研究平成29年度秋期領域会議                     |
| 4. 発表年<br>2017年                                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>和田 圭介、植林 希代加、戸谷 吉博、傳賣 雄大、Putri Sastia、松田 史生、福崎 英一郎、Liao James C、清水 浩 |
| 2. 発表標題<br>ブタノール生産シアノバクテリアの代謝解析   |
| 3. 学会等名<br>科研費新学術領域研究平成29年度秋期領域会議   |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>丸山正晴・西口大貴、松田史生、清水浩        |
| 2. 発表標題<br>光量変化に対するシアノバクテリア代謝適応機構の解析 |
| 3. 学会等名<br>第11回メタボロームシンポジウム          |
| 4. 発表年<br>2017年                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西口大貴、永井暉、松田史生、清水浩               |
| 2. 発表標題<br>代謝物絶対定量データを用いたシアノバクテリア動的代謝モデル構築 |
| 3. 学会等名<br>第11回メタボロームシンポジウム                |
| 4. 発表年<br>2017年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西口大貴、永井暉、松田史生、清水浩                     |
| 2. 発表標題<br>代謝物濃度絶対定量値を用いたエタノール生産シアノバクテリア代謝律速点の解析 |
| 3. 学会等名<br>第69回日本生物工学会大会                         |
| 4. 発表年<br>2017年                                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>徳丸雄磨、植林希代加、小山内崇、松田史生、清水浩            |
| 2. 発表標題<br>シグマ因子SigEによるシアノバクテリア代謝制御の定量プロテオーム解析 |
| 3. 学会等名<br>第69回日本生物工学会大会                       |
| 4. 発表年<br>2017年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>和田圭介、植林希代加、戸谷吉博、傳賣雄大、Putri Sastia、松田史生、福崎 英一郎、Liao James、清水浩 |
| 2. 発表標題<br>13C代謝フラックス解析およびプロテオーム解析を用いたn-ブタノール生産シアノバクテリア株の代謝解析           |
| 3. 学会等名<br>第69回日本生物工学会大会  |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、吉川勝徳、松田史生、清水浩 |
| 2. 発表標題<br>光合成微生物の代謝モデルの開発と応用      |
| 3. 学会等名<br>化学工学会第49回秋季大会           |
| 4. 発表年<br>2017年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>和田圭介、戸谷吉博、吉川勝徳、松田史生、清水浩                           |
| 2. 発表標題<br>Synechocystis sp. PCC 6803の中心代謝経路と光化学系の制御メカニズムの解析 |
| 3. 学会等名<br>化学工学会第49回秋季大会                                     |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアSynechocystis sp. PCC 6803の光化学反応を精緻化したゲノムスケールモデルを用いた様々な光条件における代謝シミュレーション |
| 3. 学会等名<br>第69回日本生物工学会大会  |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>豊島正和、戸谷吉博、松田史生、清水浩                                 |
| 2. 発表標題<br>Synechocystis sp. PCC 6803の精緻化した代謝モデルを用いた光合成研究への応用 |
| 3. 学会等名<br>第10回日本光合成学会年会およびシンポジウム                             |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>上田賢太郎、仲嶋翼、吉川勝徳、戸谷吉博、松田史生、清水浩   |
| 2. 発表標題<br>光量条件がシアノバクテリアの代謝フラックスに及ぼす影響の解析 |
| 3. 学会等名<br>第9回日本光合成学会年会およびシンポジウム          |
| 4. 発表年<br>2017年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西口大貴、永井暉、松田史生、清水浩                     |
| 2. 発表標題<br>代謝物濃度絶対定量値を用いたエタノール生産シアノバクテリア代謝律速点の解析 |
| 3. 学会等名<br>第65回質量分析総合討論会 2017 つくば                |
| 4. 発表年<br>2017年                                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>徳丸雄磨、植林希代加、徳山健斗、和田圭介、松田史生、清水浩       |
| 2. 発表標題<br>QconCAT法を用いたシアノバクテリア光化学装置の定量プロテオミクス |
| 3. 学会等名<br>第65回質量分析総合討論会 2017 つくば              |
| 4. 発表年<br>2017年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Masakazu Toyoshima, Masumi Sakata, Kazuki Ohnishi, Yuma Tokumaru, Fumio Matsuda, Hiroshi Shimizu |
| 2. 発表標題<br>Quantitative proteome analysis of microalgae under high light stress                             |
| 3. 学会等名<br>I-Bios2017 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takashi Osanai   |
| 2. 発表標題<br>Metabolic engineering of cyanobacteria for bio-succinate production with metabolomic analysis. |
| 3. 学会等名<br>The 8th Asia and Oceania Conference on Photobiology. (招待講演) (国際学会)                             |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                          |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアを用いた二酸化炭素からのバイオコハク酸生産 |
| 3. 学会等名<br>日本農芸化学会                       |
| 4. 発表年<br>2018年                          |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                         |
| 2. 発表標題<br>微細藻類の発酵による二酸化炭素を出発物質とした有機酸生産 |
| 3. 学会等名<br>JBA発酵と代謝研究会 (招待講演)           |
| 4. 発表年<br>2018年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                            |
| 2. 発表標題<br>ラン藻の代謝工学によるバイオプラスチック原料生産の展開     |
| 3. 学会等名<br>JST-CREST/さきがけ領域公開シンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2017年                            |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                 |
| 2. 発表標題<br>微細藻類を用いたプラスチック原料の生産  |
| 3. 学会等名<br>NPO法人地球環境カレッジ (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2017年                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小山内崇                           |
| 2. 発表標題<br>微細藻類を用いたプラスチック原料の新規増産法の開発      |
| 3. 学会等名<br>第5回バイオ関連化学シンポジウム若手フォーラム (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2017年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hiroshi Shimizu   |
| 2. 発表標題<br>Integration of in silico design and experimental evaluation of metabolic pathways for creation of microbial cell factories, |
| 3. 学会等名<br>International Conference on the Metabolic Science, (招待講演) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2016年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hiroshi Shimizu   |
| 2. 発表標題<br>13C-metabolic flux analysis for rational design of metabolic pathway modification of the industrially useful microorganisms |
| 3. 学会等名<br>The 13th International Symposium on the Genetics of Industrial Microorganisms (招待講演) (国際学会)                                 |
| 4. 発表年<br>2016年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>戸谷吉博, 吉川勝徳, 松田史生, 清水浩            |
| 2. 発表標題<br>光合成微生物の化学量論モデルを利用したシミュレーションとその応用 |
| 3. 学会等名<br>第58回日本植物生理学会年会                   |
| 4. 発表年<br>2017年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>徳丸雄磨, 植林希代加, 小山内崇, 松田史生, 清水浩                     |
| 2. 発表標題<br>シグマ因子SigEによるSynechocystis sp. PCC 6803のプロテオームの制御 |
| 3. 学会等名<br>第58回日本植物生理学会年会                                   |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>西口大貴, 永井暉, 松田史生, 清水浩                   |
| 2. 発表標題<br>代謝物濃度の絶対定量値を用いたエタノール生産シアノバクテリア代謝律速点の解析 |
| 3. 学会等名<br>第58回日本植物生理学会年会                         |
| 4. 発表年<br>2017年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>西口大貴, 永井 暉, 松田 史生, 清水 浩      |
| 2. 発表標題<br>代謝物濃度絶対定量によるシアノバクテリア代謝律速点の解析 |
| 3. 学会等名<br>第10回メタボロームシンポジウム             |
| 4. 発表年<br>2016年                         |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>竹屋壮浩, 小山内崇          |
| 2. 発表標題<br>糖代謝遺伝子の分子系統と発現制御の解析 |
| 3. 学会等名<br>日本植物学会第80回大会        |
| 4. 発表年<br>2016年                |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>有坂聡美, 小山内崇                        |
| 2. 発表標題<br>シアノバクテリアの時計関連遺伝子rpaA過剰発現による光合成の改変 |
| 3. 学会等名<br>日本植物学会第80回大会                      |
| 4. 発表年<br>2016年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>富田結美子, 小山内崇                               |
| 2. 発表標題<br>Euglena gracilisにおける好気 / 嫌気条件下での一次代謝産物の変化 |
| 3. 学会等名<br>日本植物学会第80回大会                              |
| 4. 発表年<br>2016年                                      |

〔図書〕 計1件

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hiroshi Shimizu, Chikara Fursawa, Takashi Hirasawa, Katsunori Yoshikawa, Yoshihiro Toya, Tomokazu Shirai, and Fumio Matsuda  | 4. 発行年<br>2017年 |
| 2. 出版社<br>Wiley-VCH  | 5. 総ページ数<br>36  |
| 3. 書名<br>BIOTECHNOLOGY, Wiley-VCH book series, Weinheim, Vol 5: Applied Bioengineering: Innovations and Future Directions, Chapter 7, Omics integrations for the state analysis of microbial processes |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

|   |
|---|
| 清水浩研究室<br><a href="http://www-shimizu.ist.osaka-u.ac.jp/hp/index.html">http://www-shimizu.ist.osaka-u.ac.jp/hp/index.html</a><br>新光合成 光エネルギーシステムの最適化<br><a href="http://photosynthesis.nibb.ac.jp/index.html">http://photosynthesis.nibb.ac.jp/index.html</a> |
|---|

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                       | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)             | 備考 |
|-------|---|-----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 小山内 崇<br><br>(Osanai Takashi)<br><br>(60512316) | 明治大学・農学部・専任准教授<br><br><br>(32682) |    |

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                           | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                | 備考 |
|-------|---|--------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 豊島 正和<br><br>(Toyoshima Masakazu)<br><br>(90812230) | 大阪大学・情報科学研究科・特任助教<br><br><br>(14401) |    |
| 連携研究者 | 松田 史生<br><br>(Matsuda Fumio)<br><br>(50462734)      | 大阪大学・情報科学研究科・教授<br><br><br>(14401)   |    |
| 連携研究者 | 戸谷 吉博<br><br>(Toya Yoshihiro)<br><br>(70582162)     | 大阪大学・情報科学研究科・准教授<br><br><br>(14401)  |    |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|