

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07438

研究課題名(和文) 植物における窒素欠乏シグナル受容と伝達機構の解明

研究課題名(英文) Study on nitrogen depletion signaling in plants

研究代表者

今村 壮輔 (Imamura, Sousuke)

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号：70548122

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：窒素は、植物の生長を決定付ける栄養元素である。しかしながら、その重要性にも関わらず、窒素代謝の制御機構については不明な点が多い。本研究では、窒素栄養量が欠乏した際に、植物がどのようにそれを感知してそのシグナルを伝達し、最終的な転写反応などを引き起こすのか、この点を明らかにすることを目的とした。本研究の遂行により、TORキナーゼ複合体が、利用可能な窒素栄養源の量によってその構成因子を変化させること、さらに、窒素欠乏応答性転写因子であるMYB1の活性がその結合因子によって調節されていること、が明らかにされた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

窒素は、植物の生長を左右する重要な栄養元素である。窒素に関する研究としては、窒素量の増減に応じた遺伝子発現など、窒素量変化に伴う最終的な応答反応については良く理解されている。その一方で、窒素量の変化を、植物細胞がどのような機構で感知しているのか、という点については、多くの制御系・実験系が複雑であるなどの理由で解明がなされていない。本研究では、植物が窒素欠乏を受容してから最終的な応答を引き起こす機構の一端を明らかにした。この明らかにされた機構を更に詳しく解明し、その応答反応を人為的に調節することにより、植物の窒素要求量を減らしたり、植物の成長を促進させるなどの応用研究に資することが可能になる。

研究成果の概要(英文)：Nitrogen is an important nutrient for plants since whose content determines their growth. However, despite the importance, there are many points to be solved for the control mechanism of nitrogen metabolism in the plant lineages. The purpose of this study is to clarify how the plant senses the nitrogen signal and transmits it to lead to the final responses, such as activation of transcription. In this study, we found that (1) components of TOR complex are changed depending on the nitrogen status, and (2) MYB1, the nitrogen depletion responsive transcription factor, has domains that control the activity of MYB1 positively and negatively. It was also revealed that the negative domain affects DNA binding activity and intracellular localization of MYB1.

研究分野：植物分子生物学

キーワード：窒素代謝

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

窒素は、アミノ酸や核酸の主要な構成元素であり、生物にとって極めて重要である。それ故、利用可能な窒素量の増減に応じた制御に関わる研究は活発に行われており、「窒素シグナルの受容、シグナル伝達、遺伝子発現・酵素活性調節、窒素量変動に対する最終的な応答反応」に至るまでの一連の流れが明らかになっている。しかしそれは、真核生物の内、酵母や動物(培養細胞)に限られた話であり、植物においては不明な点が多い。その理由として、多くの制御系・実験系が植物では複雑である等が挙げられる。

申請者は、単細胞紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* (以降シゾンと呼ぶ)の単純な制御系に着目し、それをを用いることにより、植物で不明であった、窒素同化系を制御する MYB 型転写因子 MYB1 を初めて明らかにしている。MYB1 は、窒素源欠乏条件 (-N) にした 2 ~ 4 時間後に転写・翻訳が活性化され、支配下の窒素同化遺伝子群の発現を誘導する。尚、この際、MYB1 と協調して機能する因子の存在が示唆されているが、その実体は不明である。この様な、-N 後に素早く起こる応答を「早い応答」と呼ぶ。

一方、-N 後 1 2 ~ 2 4 時間の細胞は、中性脂質であるトリアシルグリセロール(TAG)やスターチを蓄積する。この「早い応答」より遅く起こる応答を「遅い応答」と定義する。申請者の最近の研究によって、「遅い応答」が、TOR (target of rapamycin) の不活性により引き起こされる事を見出している。TOR は、真核生物に広く保存されているセリン/スレオニン型のキナーゼであり、細胞増殖において重要な役割を担っていると考えられている。「遅い応答」の上流で TOR が機能している一方、TOR は「早い応答」には主として関与しないことも明らかになっている。

この様に、窒素欠乏後に「早い応答」と「遅い応答」の異なる 2 種の応答が引き起こされることが明らかになっているが、「早い応答」において MYB1 依存転写がどのように活性化されるのか?、また、「遅い応答」において TOR はどのように活性化されるのか?、については、依然として不明である。この様な活性化機構は、シゾンばかりでなく、植物全般において同様に不明であり、植物科学分野において解明すべき重要な課題の一つと言える。

2. 研究の目的

本提案では、今まで申請者が得ている「早い応答」と「遅い応答」において中心となって機能する MYB1 と TOR を活性する調節機構を明らかにすることを試みた。その過程では、生化学的手法を主として展開することにより、植物における窒素代謝の上流で機能する、窒素欠乏シグナル受容やシグナル伝達に関わる「新規調節因子」を同定することを主目的にした。これらの解析を通して、植物における窒素欠乏応答機構のシグナル受容から、最終的な応答反応に至るまでの全体像についての理解を深めることが期待される。

3. 研究の方法

本研究は、生化学的手法を主とした解析を基盤として進めた。まず、窒素欠乏後に起きる「早い応答」で機能する転写因子 MYB1、「遅い応答」で機能する TOR キナーゼ複合体を細胞内からそれぞれ精製してその構成因子を同定することを試みた。この際に、それぞれのタンパク質にエピトプタグを付加した格好でシゾン細胞内で発現させ、免疫沈降にて精製することにした。ここで同定される因子は、窒素代謝制御の上流で機能する、窒素欠乏シグナル受容やシグナル伝達因子などの「新規調節因子」が含まれると考えられる。その後、同定された調節因子の機能を、遺伝子破壊株や過剰発現株を用いた遺伝学的な解析により明らかにすることを試みた。

4. 研究成果

【早い応答に寄与する MYB1 の解析】

窒素源欠乏シグナルの受容や、そのシグナル伝達機構解析の手始めとして、窒素同化に関わる転写因子複合体を細胞内から精製するための実験基盤を整備することを試みた。まず、MYB1 に 3 種のタグ(FLAG/Protein A/His)を付加可能な発現ベクターを構築した。その後、シゾンに形質転換するための配列を当該ベクターに付加し、PCR にて目的断片を増幅後、シゾンに形質転換を行なった。その結果、形質転換体を多数取得することに成功し、PCR 解析にて目的の断片がシゾンゲノム中に挿入されていることを確認した。しかし、3 種のタグに対する抗体を用いたウェスタン解析の結果、細胞内での発現を確認することができなかった。このことから、ゲノム上の配列を確認したところ、ナンセンス変異が観察された。よって、MYB1 に大きな分子サイズである 3 種のタグを付加することが、細胞の生育に影響を及ぼすことが推測された。そこで、FLAG のみを付加した株の取得を試みたところ、FLAG に融合した当該転写因子の発現を観察することができ、目的のシゾン株の構築に成功した。

次に、FLAG 抗体を用いた免疫沈降の各種条件検討を行った後に、FLAG 融合 MYB1 タンパク質の精製に成功した。この精製画分を LC-MS/MS 解析に供し、転写因子自体の翻訳後修飾の可能性をまず検証した。その結果、興味深いことに、複数のセリン残基がリン酸化されており、そのリン酸化の程度が、窒素源の有無によって変動する傾向が観察された。一方、転写因子自体の精製量が少なかったため、転写因子に結合する因子の同定には至らなかった。そこで、この問題を解決するために、細胞内で FLAG 融合 MYB1 タンパク質が過剰に発現する形質転換体を取得することを試みた。この際、MYB1 の活性調節に必要な領域をも特定するため、MYB1 破壊株を宿主にすることが可能な株を構築し、そこに各変異型 MYB1 が発現する形質転換株の構築を行なった。そして、MYB1 の下流遺伝子の窒素同化遺伝子群の発現をモニターすることで、MYB1 の活性に影響を及ぼす領域を調査した。その結果、MYB1 の N 末端の DNA 結合に必要なドメイン近傍に、窒素欠乏応答に対して、MYB1 の機能を抑制する領域を見出した。

さらに、この機能を抑制する領域を細胞内で高発現させ、当該領域に結合する候補タンパク質を質量分析にて同定した。その結果、50 個弱のタンパク質を見出すことに成功した。実際に MYB1 に結合するか否かを免疫沈降法、酵母ツーハイブリッド法、そしてレポーターアッセイ法を用いて確認し、一つのタンパク質が特に MYB1 と強く結合することが示された。加えて、MYB1 の機能を抑制する領域の機能が、MYB1 の核への局在、DNA への結合能に影響することも観察した。これにより、MYB1 がその結合因子によって、転写活性が調節されている可能性を示唆するモデルを提示することに成功した。

【遅い応答に寄与する TOR の解析】

TOR 複合体の精製においては、進化的に保存されている TOR 複合体構成因子である RAPTOR と LST8 へのタグ付けを MYB1 同様に試みた。しかし、MYB1 同様に 3 つのタグ付けには成功せず、シゾン細胞内での 3 つのタグ (FLAG/Protein A/His) を融合させてタンパク質を発現させることは、うまく機能しないことが示唆された。そこで、MYB1 同様にそれぞれのタンパク質が FLAG タグと融合して発現する株を構築した。それぞれの株を用いて、まず免疫沈降の条件検討を行った。条件検討の評価は、TOR が共免疫沈降されるか否か、そして、その沈降量を基に行った。なお、TOR は、シゾン TOR に対する抗体を作製し、それを用いたウェスタン解析で検出した。条件検討の結果、TOR 複合体を細胞内から免疫沈降する際に、Protein A アガロースビーズに対する不特異的な結合が認められた。この問題を回避するために、細胞抽出液を抗体と反応さ

せる前に Protein A アガロースビーズと反応させ、ビーズを除いた後の細胞抽出液を免疫沈降実験に供した。また、TOR 複合体の形成は、精製中に構成因子が解離する傾向があったため、タンパク質架橋剤を検討した。その結果、DSP を 2 mM 添加することにより、TOR 複合体を安定して精製することに成功した。

シゾン細胞を窒素欠乏条件の前と後から回収し、それぞれの細胞から抽出液を得た。そして、至適化した TOR 複合体精製条件を用いて、それぞれの条件から TOR 複合体を精製した。精製画分を LC-MS/MS にて解析し、TOR 構成因子を特定した。その結果、興味深いことに、TOR 複合体に細胞質以外のオルガネラで機能する複数のタンパク質が同定された。同定されたタンパク質が、実際に TOR 複合体に結合しているか否かについて、それぞれのタンパク質に対する抗体を調製して確認した。その結果、シゾン細胞内で発現を捉えることができたタンパク質については、TOR 複合体との特異的な結合が確認された。また、同定されたタンパク質を含めた構成因子の細胞内局在についても解析を実施した。その結果、窒素源の有無に応じてそれぞれの細胞内局在が変化すること、そして、細胞質のみならず、ミトコンドリアや葉緑体付近にも局在が観察された。以上のことから、TOR は、その構成因子とそれらの細胞内局在を窒素栄養源などの環境変化に応じて変化させ、下流へのシグナル伝達を行なっていることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

| | |
|--|---------------------------------|
| 1. 著者名 Pancha Imran, Tanaka Kan, Imamura Sousuke | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Overexpression of a glycogenin, CmGLG2, enhances floridean starch accumulation in the red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior | 6. 最初と最後の頁 1596718 ~ 1596718 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1596718 | 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 Pancha Imran, Chokshi Kaumeel, Tanaka Kan, Imamura Sousuke | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Microalgal Target of Rapamycin (TOR): A Central Regulatory Hub for Growth, Stress Response and Biomass Production | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology | 6. 最初と最後の頁 675 ~ 684 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa023 | 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 Hasegawa Hazuki, Tsurumaki Tatsuhiro, Kobayashi Ikki, Imamura Sousuke, Tanaka Kan | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 Identification and analysis of a principal sigma factor interacting protein SinA, essential for growth at high temperatures in a cyanobacterium <i>Synechococcus elongatus</i> PCC 7942 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of General and Applied Microbiology | 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) 10.2323/jgam.2019.05.002 | 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 Takemura Tokiaki, Imamura Sousuke, Kobayashi Yuki, Tanaka Kan | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Multiple Modification of Chromosomal Loci Using URA5.3 Selection Marker in the Unicellular Red Alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 BIO-PROTOCOL | 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) 10.21769/BioProtoc.3204 | 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 今村 壮輔、田中 寛 | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 オイル生産性が飛躍的に向上した藻類株の作出：オイル生合成のチェックポイントキナーゼTORの発見とその応用 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 BIO INDUSTRY | 6. 最初と最後の頁 9～19 |
| 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 今村 壮輔、田中 寛 | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 オイル生産性を飛躍的に高めた藻類株の作出－藻類オイル生合成制御の理解とその応用－ | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 配管技術 | 6. 最初と最後の頁 18～22 |
| 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 今村 壮輔、田中 寛 | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 オイル生産性が飛躍的に向上した藻類株の創出－藻類オイル生合成制御の理解とその応用－ | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 クリーンエネルギー | 6. 最初と最後の頁 1～6 |
| 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 Pancha Imran, Shima Hiroki, Higashitani Nahoko, Igarashi Kazuhiko, Higashitani Atsushi, Tanaka Kan, Imamura Sousuke | 4. 巻 97 |
| 2. 論文標題 Target of rapamycin-signaling modulates starch accumulation via glycogenin phosphorylation status in the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 The Plant Journal | 6. 最初と最後の頁 485～499 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14136 | 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 Fukuda Satoshi, Hirasawa Eri, Takemura Tokiaki, Takahashi Sota, Chokshi Kaumeel, Pancha Imran, Tanaka Kan, Imamura Sousuke | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Accelerated triacylglycerol production without growth inhibition by overexpression of a glycerol-3-phosphate acyltransferase in the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 12410 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30809-8 | 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 Takemura Tokiaki, Imamura Sousuke, Kobayashi Yuki, Tanaka Kan | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Construction of a Selectable Marker Recycling System and the Use in Epitope Tagging of Multiple Nuclear Genes in the Unicellular Red Alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology | 6. 最初と最後の頁 2308 ~ 2316 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy156 | 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 Takemura Tokiaki, Kobayashi Yuki, Imamura Sousuke, Tanaka Kan | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Top Starch Plating Method for the Efficient Cultivation of Unicellular Red Alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 BIO-PROTOCOL | 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) 10.21769/BioProtoc.3172 | 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 Imamura Sousuke, Nomura Yuhta, Takemura Tokiaki, Pancha Imran, Taki Keiko, Toguchi Kazuki, Tozawa Yuzuru, Tanaka Kan | 4. 巻 94 |
| 2. 論文標題 The checkpoint kinase TOR (target of rapamycin) regulates expression of a nuclear-encoded chloroplast RelA-SpoT homolog (RSH) and modulates chloroplast ribosomal RNA synthesis in a unicellular red alga | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Plant J | 6. 最初と最後の頁 327 ~ 339 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.13859 | 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 Imamura Sousuke, Taki Keiko, Tanaka Kan | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 Construction of a rapamycin-susceptible strain of the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> for analysis of the target of rapamycin (TOR) function | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 J Gen Appl Microbiol | 6. 最初と最後の頁 305 ~ 309 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2323/jgam.2017.02.002 | 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 Kawase Yasuko, Imamura Sousuke, Tanaka Kan | 4. 巻 591 |
| 2. 論文標題 A MYB-type transcription factor, MYB2, represses light-harvesting protein genes in <i>Cyanidioschyzon merolae</i> | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 FEBS Letters | 6. 最初と最後の頁 2439 ~ 2448 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.12763 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

[学会発表] 計28件(うち招待講演 5件/うち国際学会 7件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 北川美也子, 小林勇気, 吉川瞳子, 大原ひかる, 華岡光正, 今村壮輔, 田中寛 |
| 2. 発表標題 E3ユビキチンリガーゼ CuI4 複合体の関わる単細胞紅藻光シグナル伝達経路 |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 周柏峰, 田中寛, 今村壮輔 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻シゾンにおける窒素欠乏応答転写因子 MYB1 の活性化調節機構 |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Imran Pancha, 島弘季, 東谷なほ子, 五十嵐和彦, 東谷篤志, 田中寛, 今村壮輔 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻シゾンにおけるスターチ蓄積を調節する新規機構の解明 |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kaumeel Choksi, Kan Tanaka, Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Characterization of Target of Rapamycin (TOR) Complex in the Unicellular Red Alga |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 竹村時空, 今村壮輔, 田中寛 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻 <i>Cyanidioschyzon merolae</i> において ACRドメインリピートタンパク質 CmACR は窒素同化を担うGS/GOGAT サイクルを統合する |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 安西 拓実, 今村 壮輔, 石浜 明, 島田 友裕 |
| 2. 発表標題 大腸菌におけるピルビン酸応答転写因子 PdhR による ゲノム転写制御ネットワークの解明 |
| 3. 学会等名 第14回日本ゲノム微生物学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Nitrogen-dependent regulation in the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> |
| 3. 学会等名 Institute of Plant Biochemistry Seminar (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Underlying Regulatory Mechanism of Oil and Starch Accumulation in Microalgae to Enhance Its Biofuel Potential |
| 3. 学会等名 Fuel Science Center Seminar (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Underlying molecular mechanisms of oil and starch accumulation in microalgae to enhance its biofuel potential |
| 3. 学会等名 ASEAN Bioenergy and Bioeconomy Conference 2019 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 福田智、平澤英里、竹村時空、高橋颯太、チョコシカウミール、パンチャイムラン、田中寛、今村壮輔 |
| 2. 発表標題 小胞体局在型グリセロール3リン酸アシル基転移酵素の過剰発現による藻類オイル生産性の飛躍的向上 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度東京大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 竹村時空、今村壮輔、田中寛 |
| 2. 発表標題 おける葉緑体局在脂肪酸輸送体CmFAX1の同定とその応用 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度東京大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井出曜子、早川准平、吉満勇也、糠塚明、小松さと子、今村壮輔、原山重明 |
| 2. 発表標題 ゲノム編集技術を用いた多重遺伝子破壊による単細胞緑藻 (Coccomyxa) の油脂生産性改良 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度東京大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yoko Ide, Jumpei Hayakawa, Yuya Yoshimitsu, Satoko Komatsu, Shuua Tagiri, Hiyori Fukahori, Sousuke Imamura, Shigeaki Harayama |
| 2. 発表標題 A forward genetics-based genome editing of a green alga Coccomyxa improved its oil productivity |
| 3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sanghun Baek, Yukari Asakura, Gaku Fujii, Sousuke Imamura, Kan Tanaka, Masato Nakai |
| 2. 発表標題 Characterization of chloroplast protein import in red alga Cyanidioschyzon merolae. Poster presentation |
| 3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長谷川葉月、鶴巻達大、小林一幾、今村壮輔、田中寛 |
| 2. 発表標題 シアノバクテリア <i>Synechococcus elongatus</i> PCC 7942における主要シグマ因子結合タンパク質の機能解析 |
| 3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 竹村時空、今村壮輔、田中寛 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻 <i>Cyanidioschyzon merolae</i> におけるグルタミン結合ドメインリピートタンパク質 CmACRの機能解析 |
| 3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura, Yuhta Nomura, Tokiaki Takemura, Imran Pancha, Keiko Taki, Kazuki Toguchi, Yuzuru Tozawa, Kan Tanaka |
| 2. 発表標題 The checkpoint kinase TOR modulates chloroplast ribosomal RNA synthesis through expression of a nuclear-encoded chloroplast RelA-SpoT homolog (RSH) in a unicellular red alga |
| 3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長谷川葉月、鶴巻達大、小林一幾、今村壮輔、田中寛 |
| 2. 発表標題 バクテリアにおける主要シグマ因子結合タンパク質と熱耐性 |
| 3. 学会等名 第13回 日本ゲノム微生物学会年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Imran Pancha, Hiroki Shima, Nahoko Higashitani, Kazuhiko Igarashi, Atsushi Higashitani, Kan Tanaka and Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Target of rapamycin (TOR) plays a critical role in carbon allocation in the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> |
| 3. 学会等名 EMBO Workshop: Target of rapamycin (TOR) signaling in photosynthetic organisms (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura, Yuhta Nomura, Tokiaki Takemura, Imran Pancha, Keiko Taki, Kazuki Toguchi, Yuzuru Tozawa and Kan Tanaka |
| 2. 発表標題 The checkpoint kinase TOR modulates chloroplast ribosomal RNA synthesis through expression of a nuclear-encoded chloroplast RelA-SpoT homolog (RSH) in a unicellular red alga |
| 3. 学会等名 EMBO Workshop: Target of rapamycin (TOR) signaling in photosynthetic organisms (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Imran Pancha, Hiroki Shima, Nahoko Higashitani, Kazuhiko Igarashi, Atsushi Higashitani, Kan Tanaka, and Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Target of rapamycin (TOR) is a major signalling pathway that regulate starch accumulation in the unicellular red alga <i>Cyanidioschyzon merolae</i> |
| 3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 竹村 時空、今村 壮輔、小林 勇気、田中 寛 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻 <i>Cyanidioschyzon merolae</i> におけるACTドメインリピートタンパク質 (ACR) の機能解析 |
| 3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋颯太、瀧景子、河瀬泰子、福田智、田中寛、今村壮輔 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻Cyanidioschyzon merolaeにおけるトリアシルグリセロール生成に関わる遺伝子の発現制御メカニズムの解析 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 福田智、平澤英里、田中寛、今村壮輔 |
| 2. 発表標題 単細胞紅藻シゾンにおけるグリセロール-3リン酸アシルトランスフェラーゼ過剰発現によるトリアシルグリセロール蓄積機構の解析 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Imran Pancha, Kan Tanaka, and Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Biochemical and genetic engineering strategies to improve the starch productivity in microalgae |
| 3. 学会等名 14th Young researchers seminar of Japanese society of photosynthesis research (招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sousuke Imamura, Tomohiro Wakasugi, Keiko Taki, and Kan Tanaka |
| 2. 発表標題 Construction of a rapamycin-susceptible strain of the unicellular red alga Cyanidioschyzon merolae for analysis of target of rapamycin (TOR) function |
| 3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 今村 壮輔 |
| 2. 発表標題 藻類における窒素欠乏応答機構の解明とその応用 |
| 3. 学会等名 第3回 植物の栄養研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sho Yamaguchi, Yuuki Kawada, Hidetaka Yuge, Kan Tanaka, Sousuke Imamura |
| 2. 発表標題 Homogeneous Sn-Catalyzed Transformation of Algal Residue into Important Chemicals |
| 3. 学会等名 16th Korea-Japan Symposium on Catalysis & 3rd International Symposium of Institute for Catalysis (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Imamura Sousuke, Tanaka Kan | 4. 発行年 2017年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 14 |
| 3. 書名 Cyanidioschyzon merolae A New Model Eukaryote for Cell and Organelle Biology | |

〔出願〕 計1件

| | | |
|--|-------------------------|-------------------------|
| 産業財産権の名称 トリアシルグリセロール生産性が向上した微細藻類遺伝子組換え株及びトリアシルグリセロールの生産方法 | 発明者 今村 壮輔、田中 寛、竹村 時空 | 権利者 東京工業大学、株式会社ユークレナ |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-020354 | 出願年 2018年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

オイル生産性が飛躍的に向上したスーパー藻類を作出：バイオ燃料生産における最大の壁を打破
<https://www.titech.ac.jp/news/2018/042168.html>
藻類のデンプン産出を自在にコントロール：環境に優しいプラスチックや医薬品の増産に期待
<https://www.titech.ac.jp/news/2018/042844.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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|