

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19882

研究課題名(和文) ナノZnO粒子による光合成生物の葉緑体増殖現象の解析とCO₂固定プロセスの創出研究課題名(英文) Analysis of chloroplast proliferation phenomenon of photosynthetic organisms using nano-ZnO particles and creation of CO₂ fixation process

研究代表者

徳本 勇人 (Tokumoto, Hayato)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：70405348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：CO₂を固定化し、低炭素化に貢献できる光合成生物の高成長を金属ナノ粒子をミネラル源として誘導することに成功した。ナノZnO粒子を脱分化細胞である植物のカルス、藻類に暴露すると、光合成反応を担うクロロフィルタンパク質が植物細胞内で高生産されることを明らかにし、ミネラル吸収の主役である植物の根でも同様の高成長を誘導することに成功した。本研究成果により、油生産や浄水プロセスに用いられる藻類、植物工場作物等の光合成生物に、高いCO₂固定能を付与できるバイオプロセスの創出につながる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光合成生物は、生育環境中で溶解した金属イオンをミネラルとして吸収し、光合成により有機物を生産してライフサイクルが達成される。本研究では、金属ナノ粒子をミネラル源とすると、その溶解速度が光合成生物の吸収速度に合致させやすいことを見出した。従来の施肥では、余剰のミネラルが、生育を阻害したり、地下水汚染源となることがあったが、本研究の成果により、光合成生物を用いたバイオプロセスを、金属ナノ粒子の採用により最適化することが可能になったと言える。

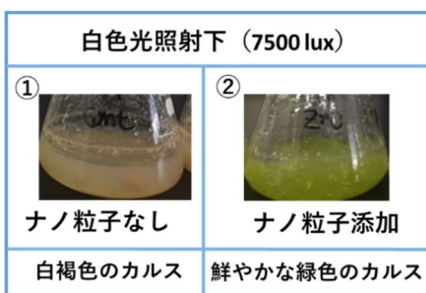
研究成果の概要(英文)：We have succeeded in inducing high growth of photosynthetic organisms that can immobilize CO₂ and contribute to low carbonization by using metal nanoparticles as a mineral source. When nano-ZnO particles are exposed to dedifferentiated plant callus and algae, it has been clarified that chlorophyll protein responsible for photosynthetic reaction is highly produced in plant cells, and the same is true for plant roots, which play a major role in mineral absorption. Succeeded in inducing high growth. The results of this research will lead to the creation of bioprocesses that can impart high CO₂ fixation ability to photosynthetic organisms such as algae and plant factory crops used in oil production and water purification processes.

研究分野：環境バイオプロセス工学

キーワード：酸化亜鉛ナノ粒子 光合成生物 葉緑体

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景



CO₂ を固定化し、低炭素化社会に貢献できる生物は光合成生物だけである。これまでに、脱分化した植物細胞(カルス)は、光照射下でナノ粒子(NP)を投与しない場合、左図のように、白濁した状態であるが、植物細胞にナノ ZnO 粒子を暴露すると、鮮やかな緑色を呈した植物細胞が高生産される現象(左図)を見出してきた。このカルスはクロロフィルが過剰生産されており、特許出願(特願 2016-155754 号)を果たすことができた。本研究では、この出願特許の権利化を目指し、藻類、植物体への検証を加え、萌芽研究としての発展性の確保も目指す。

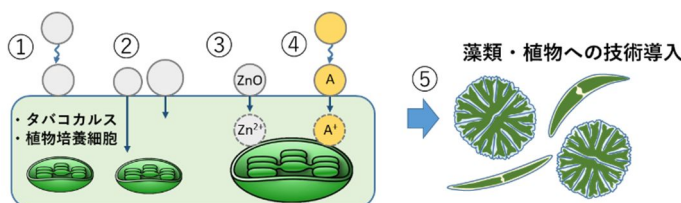
2. 研究の目的

これまでに、光合成生物を用いたバイオプロセスでは、次のように、3つのプロセスが提案されている。海上で藻類を培養し水素を生産；構造物が巨大で、設置・管理に課題、試験管内で人工的に光合成を再現；有望な構想ではあるが研究段階、光合成能を持つ油糧微生物の培養；光合成能を引き上げるために、遺伝子組み換えを用いるため、コストが高い、という技術的課題がある一方、植物が外界から摂取するミネラルと生物機能との相関に関する着想は少ない。

申請代表者は、最近広く市販化された工業製品のナノ粒子が、直径が 1/10 になると重量当たりの表面積は 10 倍となる点に着目し、環境中の生物に与える影響、即ち、「ナノリスク」の研究を行ってきた。その中で、金属酸化物ナノ粒子が、根や花粉管、植物のカルス細胞の成長を阻害することを明らかにしてきた。しかし、その投与限界濃度は当初の見込みみに反して高濃度(数 10 ppm 以上)で、しかも、個体死に至るものではなかった。そこで、ナノ粒子は、光、温度、水、ミネラルのように、植物の成長生理現象を調節することが可能ではないかと考えた。

本申請課題は、凝集しやすい性質のナノ粒子が、軟膏を細胞に塗ったように被覆し、難溶性のため、じわじわ溶解して細胞が粒子成分を吸収したと考えると、その結果、葉緑体が増殖し、光合成能が向上したと推察される。そこで、本研究の目的は、細胞増殖に伴うクロロフィル増産のメカニズムを解析し、得られた知見を、油生産や浄水プロセスに使用する藻類、植物工場作物等に導入して技術化を模索し、高い CO₂ 固定能を有するバイオプロセスを創出することである。

3. 研究の方法



左図は、本申請の実施検討項目である。初期検討として、脱分化した細胞塊であるタバコカルスを用いて、葉緑体増殖現象に関する初期検討を実施後、応用として藻類への技術導入法を探る。計画は、細胞への粒子付着量、膜タンパク

質遺伝子の発現量を測定、粒径を変え、細胞への粒子成分の吸収量を測定、ZnO 粒子を投与した場合における、光合成関連遺伝子の発現量解析、得られた知見から、藻類やほかの植物器官への技術導入に挑戦して、クロロフィル高生産現象の普遍性や波及性を網羅的に探索する。

【検証項目】() 内は使用した植物材料

- ・粒子の分散液濃度と細胞への付着量、細胞への粒子成分の吸収量を測定(カルス、花粉)
- ・膜タンパク質、光合成関連遺伝子の発現量解析(カルス)
- ・金属酸化物ナノ粒子の暴露によるクロロフィル増産現象の解析(カルス)
- ・藻類やレタスを用いた植物細胞の高生産プロセス化の検討(藍藻類、レタス)

4. 研究成果

4.1 酸化亜鉛ナノ粒子の投与によるカルスの増殖促進現象

Fig. 1 は、0-100 mg L⁻¹ ZnO NP (公称径 34 nm) を培養液に加え、白色光照射下で 2 週間培養したタバコカルスの重量を示している。培養後のコントロールの生重量は 4.4 g であったのに対し、粒子の分散液濃度が 25、50、100 mg L⁻¹ ZnO NP で培養したカルス重量は 5.9、6.9、6.6 g となった。100 mg L⁻¹ までは、カルスの成長が著しく促進されており、この結果から、ZnO NP を培養液に添加すると、タバコカルスの光合成成長が活性化したことを確認することができた。

100 mg L⁻¹ ZnO NP とともに白色光下で 2 週間、カルスを培養したときのカルス生重量あたりのクロロフィル含有量を Fig. 2 に示す。粒子は NP (公称径 34 nm) と BP (公称径 2000 nm) の酸化亜鉛を用いた。その結果、対照カルスのクロロフィル含有量は 2.93 μg g⁻¹ 生重量であったのに対して ZnO NPD および ZnO BPD 中でカルスを培養した場合、生重量はそれぞれ 5.77 および 3.85 μg g⁻¹ であった。従ってバルクサイズ、ナノサイズの ZnO NP で培養したカルスのクロロフィル含有量は対照カルスよりも高く、特に ZnO NP は、対照の約 2 倍の値であった。

この結果から、小さい粒子サイズの方が亜鉛イオンより吸収されやすく、葉緑体タンパク質の

構成成分である亜鉛が吸収されて細胞が増加し、葉緑体量も増加することが明らかとなった。

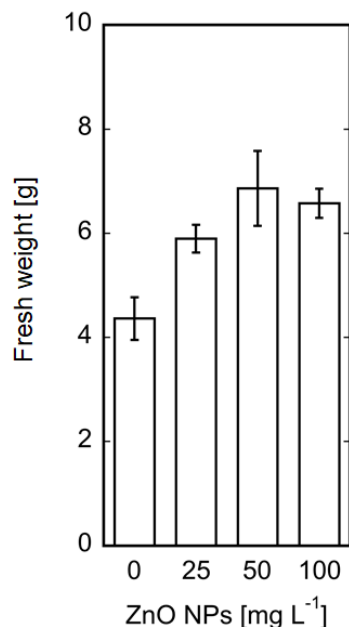


Fig. 1 Fresh weight of tobacco callus irradiated with white light and cultured with from 0 to 100 mg L⁻¹ ZnO NPD for two weeks. The data are shown as the mean ± S.E. of the results of three independent samples. * and ** indicate a significant difference ($P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively), between ZnO NPD treatment and control treatment (0 mg L⁻¹) according to the Student's *t*-test. *PCTOC* 138:377–385 (2019)

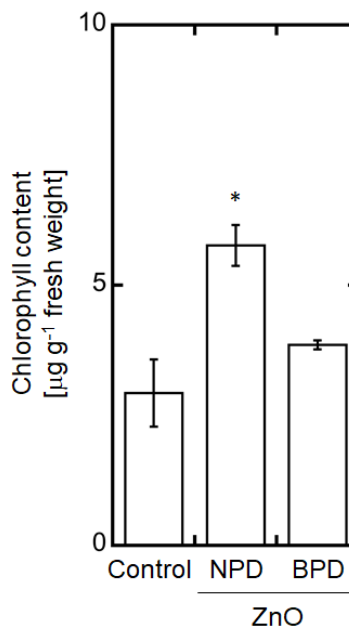


Fig. 2 Chlorophyll content per gram fresh weight of tobacco callus cultured for 2 weeks with 100 mg L⁻¹ ZnO NPD or BPD. The data are shown as the mean ± S.E. of results from three independent samples. * indicates significant differences ($P < 0.05$) between ZnO NPD and the control according to the Student's *t*-test. *PCTOC* 138:377–385 (2019)

4.2 酸化亜鉛ナノ粒子から溶出した粒子成分の吸収と発現遺伝子解析

右表は、バルクサイズ、ナノサイズの ZnO NP で培養したカルスの乾燥重量当たりの亜鉛吸収量を示したものである。白色光下、100 mg L⁻¹ の分散液濃度でカルスを 2 週間培養した結果、対照のカルスでは乾燥重量あたり、溶出した亜鉛を 0.19 mg-Zn²⁺ g⁻¹ を含んでいたのに対し、ZnO BP を投与して培養したものは、2.59 mg-Zn²⁺ g⁻¹、ZnO NP で培養したものには 3.37 mg-Zn²⁺ g⁻¹ の Zn²⁺ が含まれていた。従って、カルスに付着した酸化亜鉛ナノ粒子から溶解した Zn²⁺ は、粒子が小さいほど体積当たりの表面積が大きくなり、効率よく細胞に吸収されるものと考えられる。

Table 1 Zinc content per gram dry weight of tobacco callus cultured for two weeks in 100 mg L⁻¹ dispersions of different ZnO particle sizes under white light. Zinc content per gram dry weight is the average value of 3 independent samples.

	Control	ZnO NPD	ZnO BPD
The zinc content per dry weight [mg dry-g ⁻¹]	0.19	3.37	2.59

PCTOC 138:377–385 (2019)

右図の Fig. 3 は mRNA-seq を使用してカルス遺伝子発現プロファイルを包括的に分析したものである。刺激に対する応答遺伝子 (response to stimulus) で総括される遺伝子群の発現変動が最も大きく、これは酸化亜鉛ナノ粒子から溶出した亜鉛イオンが細胞に吸収され、塩ストレスとして大きく発現したものと考えられる。

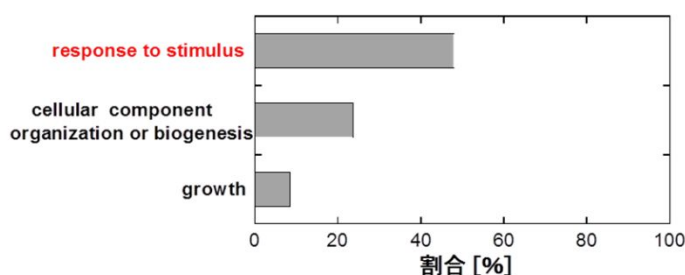


Fig. 3 Classifying the DEGs into GO categories for tobacco callus cultured with 100 mg L⁻¹ ZnO NPD for 24 h. The x-axis shows the percentage of the total number of DEGs classified as a specific GO term. *PCTOC* 138:377–385 (2019) 改

右の Table 2 は、ZnO NP を暴露したカルスにおける、光合成反応を担う最大のタンパク質である Rubisco の遺伝子発現量を RT-PCR で定量したものである。数値は対照の発現量を 1 としており、この結果からも、ZnO NP によるクロロフィル量の増大を確認できた。

Table 2 Expression analysis of photosynthetic-related genes in tobacco callus cultured with 100 mg L⁻¹ ZnO NPD on day 1 of culture under white light. At each day, the expression level in the control tobacco callus was taken as 1. Data are the result of 3 independent samples ± standard error. *PCTOC* 138:377–385 (2019)

	<i>rbcS</i>	<i>rbcL</i>
Relative expression [-]	9.5 ± 2.1	3.0 ± 0.95

4.3 花粉細胞を用いた酸化亜鉛ナノ粒子から溶出した粒子溶解成分の吸収挙動の解析

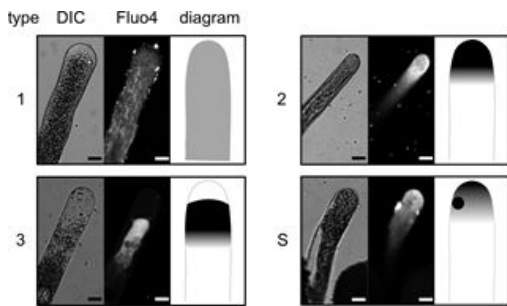
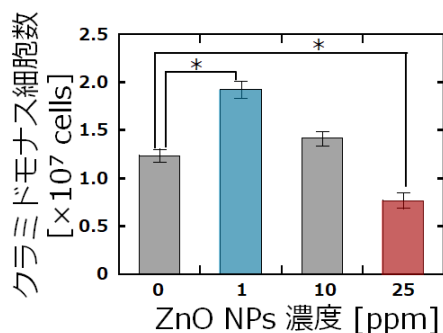
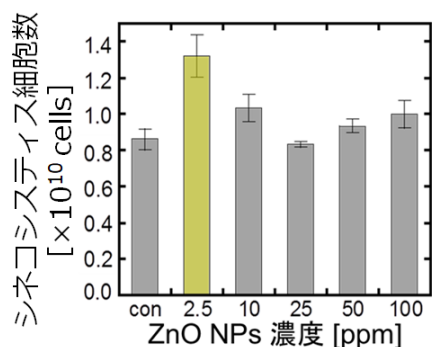


Fig. 4 Variations of calcium localization patterns at the tip of pollen tube. The numbers on the left side of the figure indicate pattern types 1, 2, 3, and S. DIC, differential interference contrast image; Fluo4, fluorescent image from Ca^{2+} indicator Fluo-4/AM. Diagram, illustration of four types of calcium localization patterns near the tip of pollen tubes, and calcium concentration is shown in black. Type 1: representation of uniform calcium concentration in the pollen tube, type 2: formation of a calcium localization pattern at the tip of a pollen tube, type 3: formation of a calcium localization pattern in front of a pollen tube tip, type S: formation of a high calcium concentration spot near the tip of a pollen tube. Scale bars = 10 μm . PCTOC 145:405-415 (2021)

花粉が ZnO NP にさらされた場合、タイプ 1 の出現は観察されず、タイプ 3 の出現が大幅に減少し、タイプ 2 の出現は顕著な影響を受けないが、タイプ 2 の局在化に続く花粉管先端での吸水時に、周囲の Zn^{2+} が水分とともに吸収されると細胞内に濃度勾配が生じ、その結果タイプ 3 の生成を阻害すると、タイプ S のようなスポットが生じるパターンが頻出すると推測される。従って、ZnO NP 暴露は、タイプ 1 のような花粉管伸長中の局在パターンを消失させ、花粉管長が縮小すると推察される。このように、粒子から溶出した Zn^{2+} が花粉管に流入し、 Ca^{2+} の局在に伴う伸長成長が抑制されることを明確にし、ZnO NP から溶出した Zn^{2+} の細胞吸収を証明した。

4.4 藻類やレタスを用いた植物細胞の高生産プロセス化の初期検討



左図は、藍藻のシアノバクテリア (*Synechocystis*) に ZnO NP を暴露し、光照射下で 2 週間培養したときの細胞数を示している。その結果、カルスや花粉細胞と比べ、1/100 程度の極低濃度で細胞増殖の促進挙動が見られた。

細胞内外の亜鉛量を ICP-MS で分析して物質収支を取ると、投入した粒子の約半分の量が溶解し、細胞内に取り込まれていることが明らかとなった。

また、フローサイトメーターを用いて、培養液中の酸化亜鉛ナノ粒子の局在を調べたところ、細胞近傍に粒子が凝集している可能性が高いことが推察できた。

左図は、緑藻のクラミドモナス (*Chlamydomonas*) ZnO NP を暴露し、光照射下で約 2 週間培養したときの細胞数を示している。シアノバクテリアと同様に、数 ppm 程度の極低濃度で細胞増殖の促進挙動が見られた。

同様に、フローサイトメーターを用いて、培養液中の酸化亜鉛ナノ粒子の局在を調べたところ、細胞近傍に粒子が凝集している可能性が高いことが推察できた。

これら 2 種の藻類に対する検証結果より、多様な植物細胞において、ナノ粒子をミネラル源とした、高生産プロセスを創出できる可能性は極めて高いと考えられる。

酸化亜鉛ナノ粒子は難溶性で、水には十数 ppm しか溶解しない。このようなナノ粒子をミネラル源とし、要素技術として活用する手段として、植物工場が挙げられる。従来の無機塩類を溶解し、水耕培養液として系内を循環させる方法では、養液流路において藻類が発生してミネラル源がロスすることも想定され、何よりも養液循環の動力は大きく、コストは逼迫する。

左の Fig. 4 は、生殖器官である花粉に 20 mg L^{-1} の分散液濃度で ZnO NP を暴露したときに発芽した花粉管を顕微鏡観察し、粒子から溶出した Zn^{2+} が花粉細胞へ吸収されることを示す証拠となる、花粉管内の Ca^{2+} 濃度の変化を調べたものである。

花粉への ZnO NP の暴露は、花粉管発芽や発芽した花粉管の伸長成長を阻害する作用を示すが、粒子から溶出した Zn^{2+} の細胞吸収を解析する、 Zn^{2+} と Ca^{2+} への共輸送のモデル植物材料として使用した。

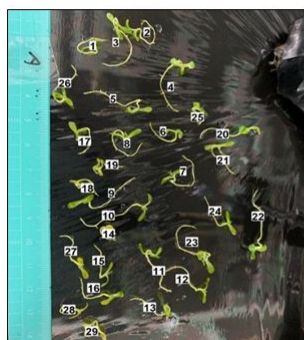
対照の花粉管は、1、2、3 の全ての Ca^{2+} 局在タイプが混在しており、中でもタイプ 3 の割合が最も高く、タイプ S の Ca^{2+} 局在は見られなかった。

20 mg L^{-1} 以上の ZnO NP 分散液に暴露された花粉管は、タイプ 1、2、3 に加えてタイプ S の Ca^{2+} 局在を示した。ZnO NP を曝露していない花粉管の伸長成長が促進されることを考えると、タイプ 2 の Ca^{2+} 局在は、 Ca^{2+} が先端に局在している状態、タイプ 3 は、先端が水を吸収して花粉管が伸長する状態であり、タイプ 1 はタイプ 3 のように伸長した花粉管が、一旦 Ca^{2+} を花粉管全体に均一化し、先端に新たな Ca^{2+} 局在を形成しようとする状態であると定義する。

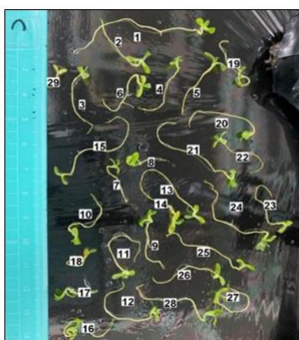
そこで本研究では、植物工場での利用を想定した実証化検証として、植物工場によく栽培されるレタスに ZnO NP を暴露し、技術化の初期検証を実施した。

○ Image J で各株の根長を測定

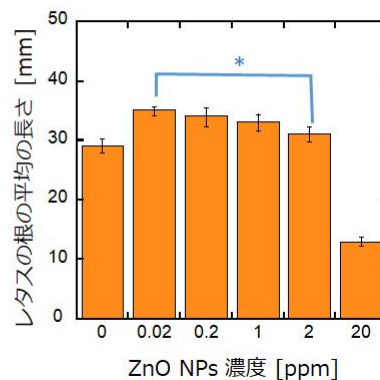
・ ZnO NPs 曝露後7日目の様子



0 ppm



2 ppm



左上の写真はシャーレ上で栽培したレタスの幼植物である。そのうち、左写真が ZnO NP を暴露していないもので、右写真が ZnO NP を藻類と同程度の 2 ppm で暴露したものである。

右上のグラフは、そのときの ZnO NP の分散液濃度に対するレタスの根の長さを示したものである。これらの検証結果から、栽培作物であるレタスを用いても、これまでと同様に、数 ppm 程度の微量な ZnO NP が植物細胞の増殖促進を誘導する可能性の高いことが明らかとなった。

以上より、酸化亜鉛ナノ粒子から溶解した亜鉛がミネラル源として植物細胞に吸収されること、その溶解量を粒子径や投与量で調節すると、微量で成長促進効果が得られる可能性が高いこと、花粉、根などの植物特有の先端成長部位でその効果が発揮されることを見出した。

これらの成果により、国際誌 2 報、出願特許の権利化（特許第 6840375 号）を達成し、研究開始当初の見込みを大きく上回り、萌芽研究としての発展性が確保される研究成果が、本研究課題で十分に得られたものと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 N. Harada, K. Hanada, Y. Minami, T. Kitakaze, Y. Ogata, H. Tokumoto, T. Sato, S. Kato, H. Inui, R. Yamaji	4. 巻 318
2. 論文標題 Role of gut microbiota in sex- and diet-dependent metabolic disorders that lead to early mortality of androgen receptor-deficient male mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism	6. 最初と最後の頁 E525 ~ E537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpendo.00461.2019	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 H. Tokumoto, K. Nomoto, K. Kurahashi,	4. 巻 22
2. 論文標題 Identification of novel bacteria capable of accumulating 137Cs under K+ from anaerobic digested sludge for decontamination of 137Cs-contaminated biomass	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 1103 ~ 1112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10163-020-01004-7	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 Y. Hirose, T. Shiozaki, I. Hamano, S. Yoshihara, H. Tokumoto, T. Eki, N. Harada	4. 巻 27
2. 論文標題 A specific combination of dual index adaptors decreases the sensitivity of amplicon sequencing with the Illumina platform	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 DNA Research	6. 最初と最後の頁 dsaa017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/dnares/dsaa017	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 R. Mitsui, R. Yamada, T. Matsumoto, S. Yoshihara, H. Tokumoto, H. Ogino	4. 巻 104
2. 論文標題 Construction of lactic acid-tolerant <i>Saccharomyces cerevisiae</i> by using CRISPR-Cas-mediated genome evolution for efficient d-lactic acid production	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 9147 ~ 9158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-020-10906-3	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 M. Nakamura, S. Nanami, S. Okuno, S. K. Hirota, A. Matsuo, Y. Suyama, H. Tokumoto, S. Yoshihara	4. 巻 12
2. 論文標題 Genetic Diversity and Structure of Apomictic and Sexually Reproducing Lindera Species (Lauraceae) in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 227 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12020227	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 A. Mizobata, R. Mitsui, R. Yamada, T. Matsumoto, S. Yoshihara, H. Tokumoto, H. Ogino	4. 巻 131
2. 論文標題 Improvement of 2,3-butanediol tolerance in Saccharomyces cerevisiae by using a novel mutagenesis strategy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 283 ~ 289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2020.11.004	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 S. Yoshihara, S. Hirata, K. Yamamoto, Y. Nakajima, K. Kurahashi, H. Tokumoto	4. 巻 145
2. 論文標題 ZnO nanoparticles effect on pollen grain germination and pollen tube elongation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)	6. 最初と最後の頁 405 ~ 415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11240-021-02017-2	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 S. Yoshihara, K. Yamamoto, Y. Nakajima, S. Takeda, K. Kurahashi, H. Tokumoto	4. 巻 138
2. 論文標題 Absorption of zinc ions dissolved from zinc oxide nanoparticles in the tobacco callus improves plant productivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Cell, Tissue and Organ Culture	6. 最初と最後の頁 377-385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11240-019-01636-0	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 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 徳本 勇人
2. 発表標題 バイオマスエネルギーを活用する
3. 学会等名 2020年度大阪府立大学公開講座「21世紀科学セミナー（招待講演）」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 溝端 明日香、三ツ井良輔、山田亮祐、松本拓也、吉原静恵、徳本勇人、荻野博康
2. 発表標題 点変異・構造変異同時導入による2,3-ブタンジオール耐性酵母の創製
3. 学会等名 極限環境生物学会2020年度（第21回）年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三ツ井 良輔、山田亮祐、松本拓也、吉原静恵、徳本勇人、荻野博康
2. 発表標題 ゲノム進化法によって創製した熱耐性酵母の遺伝子発現量解析
3. 学会等名 極限環境生物学会2020年度（第21回）年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 広瀬 侑、塩崎拓平、濱野 樹、吉 静江、徳本勇人、浴 俊彦、原田 尚美
2. 発表標題 インデックスの組み合わせに起因するイルミナシークエンサーのクオリティ低下
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Y. Hirose, T. Shiozaki, M. Otani, I. Hamano, S. Yoshihara, H. Tokumoto, S. Kudoh, S. Imura, T. Eki, N. Harada
2. 発表標題	A deep amplicon sequencing study of the algal communities in lacustrine and hydro-terrestrial environments of Antarctica
3. 学会等名	The 11th Symposium on Polar Science, (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	広瀬 侑, 塩崎拓平, 濱野 樹, 吉原静江, 徳本勇人, 浴 俊彦, 原田尚美
2. 発表標題	特定のインデックス配列の組み合わせに起因するシーケンスクオリティの低下と菌叢解析への影響
3. 学会等名	第15回日本ゲノム微生物学会年会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	大畑瑠菜, 藤村花凜, 吉原静恵, 徳本勇人
2. 発表標題	ZnO NPsによる藍藻の増殖機能の評価
3. 学会等名	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	2019年

1. 発表者名	藤村花凜, 大畑瑠菜, 吉原静恵, 徳本勇人
2. 発表標題	ZnO NPsによる藍藻への影響の評価
3. 学会等名	環境バイオテクノロジー学会2019年度大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 大畑瑠菜, 藤村花凜, 吉原静恵, 徳本勇人
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノ粒子から溶出する亜鉛イオンが藍藻に与える影響の解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回仙台大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬蓮, 岡本和也, 吉原静恵, 徳本勇人
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノ粒子がレタス根の成長に及ぼす影響の解析
3. 学会等名 2019年度(第8回)近畿植物学会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉原静恵, 大畑瑠菜, 藤村花凜, 徳本勇人
2. 発表標題 藍藻による難溶性金属ナノ粒子の可溶性促進機構の解析
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 藤村花凜, 大畑瑠菜, 吉原静恵, 皆川 純, 徳本勇人
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノ粒子が褐虫藻Symbiodinium minutumの成育に与える影響の解析
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 吉原静恵, 山本花純, 倉橋健介, 野村俊之, 徳本勇人
2. 発表標題 ZnOナノ粒子由来の亜鉛イオンによる花粉の発芽遅延と花粉管の伸長阻害
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村海斗, 山本花純, 吉原静恵, 倉橋健介, 野村俊之, 徳本勇人
2. 発表標題 レタスの根の伸長にZnOナノ粒子由来の亜鉛イオンの吸収が与える影響
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本花純, 竹田恵美, 吉原静恵, 倉橋健介, 徳本勇人
2. 発表標題 ZnOナノ粒子由来の亜鉛イオンの吸収によるタバコカリスの光合成機能の解析
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大辻知聖, 野村将史, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 フォトクロムの吸収波長変化による生長への影響
3. 学会等名 平成30年度(第7回)近畿植物学会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉原静恵, 野村海斗, 倉橋健介, 徳本勇人
2. 発表標題 ZnOナノ粒子の亜鉛イオンによる花粉の発芽遅延
3. 学会等名 平成30年度(第7回)近畿植物学会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村海斗, 竹田恵美, 吉原静恵, 倉橋健介, 徳本勇人
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノ粒子が植物に与える影響の解析
3. 学会等名 平成30年度(第7回)近畿植物学会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉原静恵, 徳本勇人
2. 発表標題 ZnOナノ粒子による植物培養細胞の光合成と生育の促進
3. 学会等名 アグリビジネス創出フェア2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 翔太郎, 菊池樹里, 濱田隆宏, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 青色光による表層微小管の配向制御
3. 学会等名 日本農芸化学会関西支部 第507回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村海斗, 吉原静恵, 倉橋健介, 徳本勇人
2. 発表標題 酸化亜鉛から溶出するイオン種の違いが緑藻に与える影響
3. 学会等名 日本農芸化学会関西支部 第507回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大辻知聖, 野村海斗, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 フィトクロムの吸収波長変化による生育への影響
3. 学会等名 日本農芸化学会関西支部 第507回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大辻知聖, 野村将史, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 フィトクロムの吸収波長変化による生育への影響
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村将史, 大辻知聖, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 フィトクロムのN末端ペプチドによる胚軸伸長の促進
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 翔太郎, 菊池樹里, 濱田隆宏, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 青色光による表層微小管の配向制御の解析
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊池樹里, 林翔太郎, 濱田隆宏, 徳本勇人, 吉原静恵
2. 発表標題 青色光による表層微小管構築速度の制御
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 徳本勇人(分担執筆)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 634
3. 書名 分離プロセスの最適化とスケールアップの進め方 第11章1節バイオマスにおける各種分離技術の開発と組み合わせ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	吉原 静恵 (yoshihara shizue) (20382236)	大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・助教 (24403)	

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