

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22245030

研究課題名(和文) 光合成系をモデルとした光応答超分子ナノデバイスの構築

研究課題名(英文) Development of photoactive supramolecular nano-devices based on natural photosynthesis

研究代表者

民秋 均 (Tamiaki, Hitoshi)

立命館大学・薬学部・教授

研究者番号：00192641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,400,000円

研究成果の概要(和文)：光合成の光収穫アンテナ部は通常クロロフィル-タンパク複合体であるが、緑色光合成細菌にはクロロフィル色素のみが自己集合した光合成アンテナ(クロロゾーム)が存在する。天然クロロゾームの構成クロロフィル分子をモデルとして、新たに会合性ポルフィリン類を合成し、その(半)合成ポルフィリン類の自発集積に基づいて、サイズや会合度やマクロ構造を制御したJ会合体を調製し、その超分子体を基板上に展開して光応答ナノデバイスを構築した。

研究成果の概要(英文)：Light-harvesting antenna systems in natural phototrophs are usually constructed by specific interaction of chlorophyll pigments with oligopeptides, but self-assemblies of chlorophylls are observed in the core part of main antennas of photosynthetic green bacteria, called chlorosomes. As models of chlorosomal chlorophylls, a variety of self-aggregative porphyrinoids were prepared by modifying naturally occurring chlorophylls and the semi-synthetic models were self-aggregated in several environments to give large oligomers with a controlled supramolecular structure. Such J-aggregates were developed on any substrates to afford photoactive nano-devices.

研究分野：生物有機科学

キーワード：超分子化学 光物性 マイクロ・ナノデバイス 生体分子 光合成

1. 研究開始当初の背景

天然光合成系には、多数のクロロフィル色素分子が含まれており、それらの分子間相互作用がよく見られる。このような系は、タンパク質を基盤としてその上にクロロフィル色素分子が配置されているために、再構成やモデル実験が難しいという問題点をかかえている。

一方、緑色嫌気性光合成細菌の膜外にある光収穫アンテナ部（以下クロロゾームと呼ぶ）は、クロロフィル色素のみが自己集合してアンテナ色素部を構成しており、タンパク質は超分子構造の形成において大きな役割を果たしていないことが、研究代表者らの研究によって明らかになり、学会でも認められるようになってきていた（引用文献の ）。

2. 研究の目的

クロロゾームの構成クロロフィルをモデルとして、新たに会合性ポルフィリン類を合成する。そして、その(半)合成ポルフィリン類の自発集積に基づいて、サイズや会合度やマクロ構造を制御した J 会合体を調製し、その超分子体を基板上に展開して光応答ナノデバイスの構築を目指す。

3. 研究の方法

クロロゾームの構成クロロフィルをモデル分子として、天然産のクロロフィルを改変することや環状テトラピロールを全合成することで、自己集積能を有するポルフィリン類を新規に合成する。このような(半)合成化合物を、多様な環境場で自己集積させて、サイズや会合度やマクロな構造を制御した J 会合型超分子を調製する。この自己会合体の構造と機能相関を解明しつつ、物理的安定性を高めた構造体を創製し、基板上に展開して、光応答性デバイスを構築する。

4. 研究成果

(1) 会合性ポルフィリン類の合成：クロロゾーム型クロロフィルをモデルとして、3-ヒドロキシメチル-13¹-オキソクロリン型大環状電子系を基本骨格として、アキシャル配位子を取りやすいポルフィリン亜鉛錯体の誘導体（図 1 参照）を新たに合成した（雑誌論文の ⑳）。3 位上の置換基として従来の酸素官能基以外に窒素や硫黄官能基の導入や（雑誌論文の ㉑）、13¹ 位のオキソ基の(ジ)シアノメチレン基への改変に成功した（雑誌論文の ㉒）。またクロスカップリング法を利用して 20 位に様々な炭化水素基を導入することにも成功した（雑誌論文の ㉓）。さらに、7, 8, 17 位にも多様な官能基を導入することができた。

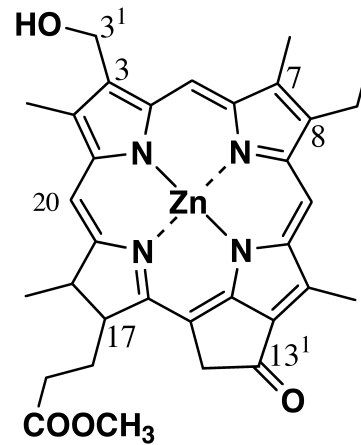


図 1. クロロゾーム型会合性モデル化合物

バクテリオクロロフィル *c* を生合成する緑色光合成細菌において、クロロフィル合成酵素の一つである 8-ビニル還元酵素を欠損させた変異株を利用して、8 位にビニル基有するクロロゾーム型クロロフィルであるバクテリオクロロフィル類を新たに調製した（雑誌論文の ㉔）。また、バクテリオクロロフィル *e* を生合成する緑色光合成細菌を遺伝子改変（7 位のメチル基の酸化と 20 位のメチル化を阻害）して、バクテリオクロロフィル *c* の新たな同族体（雑誌論文の ㉕）と、これまで天然では未発見であったバクテリオクロロフィル *f* を合成することにも成功した（雑誌論文の ㉖⑳）。

(2) J 会合体の構築：上述の半合成あるいは生合成クロロフィル型分子を、ヘキサンのような疎水性有機溶媒中や中性界面活性剤である Triton X-100 水溶液中に分散させて、クロロゾーム型 J 会合体を形成させることに成功した。3¹ 位の水酸基以外に、一級アミノ基であっても J 会合体を形成しうるが、チオール基では二量体のような小さい会合体しか形成しなかった。なお、3¹ 位に水酸基があっても、3² 位にさらに酸素官能基を導入すると、J 会合体を形成しにくいことが判った（雑誌論文の ㉗）。また、13¹ 位への電子吸引基の導入と、20 位への立体的に比較的込み合っていない置換基の導入が、J 会合体形成にとって有用であることも判明した。

7, 8 位上に 2 級や 3 級のアルコール性水酸基を導入しても、3¹ 位の 1 級水酸基に基づく自己会合を乱さないことが判明した（雑誌論文の ㉘）。また、13¹ 位のオキソ基を還元して、2 級水酸基に変換しても、自己会合能に大きな影響を与えないことが判った。この際には、13¹ 位上の 2 級アルコール性水酸基の酸素原子が、原型のケトカルボニル基の酸素原子と同様に、3¹ 位の水酸基に対する水素結合受容体として機能することが明らかになった。

(3) 超分子構造を規制した会合体の構築：17 位上のエステル鎖として、直鎖状のオリゴメ

チレン基（炭素数1から24まで）を導入したところ、いずれの化合物も同様のJ型のクロロゾーム様自己会合体を形成することが判明した（雑誌論文の ）。この自己会合体の構造を、原子間力(AFM)・走査電子(STM)・透過電子顕微鏡(TEM)を用いて検討したところ、直径約5 nmの棒状構造体が見られた。その長さは調製時の条件にもよるが、数 μm を超えるものが観測され、そのアスペクト比は1000を超えていた。このような棒状超分子構造体は、オリゴメチレン鎖が長いほど形成しやすく、超分子を構成する分子の長鎖アルキル鎖間での（超分子内）分子間相互作用が生じていることを示している。

自己集積体のサイズ制御のために、会合環境の空間的な規制を目指して、各種の固体基板表面上での合成モデル分子の自己会合体の形成を検討した。表面が疎水的な高配向性熱分解グラファイト(HOPG)では安定に会合体形成できることを見出した。一方、中性的なシリコン基板や、親水的な雲母やガラス基板でも会合体を形成しうるが、安定性が乏しいことも判明した。しかし、疎水性の高い官能基をモデル分子の環系の周辺部位に配置すれば、後者の基板でも安定な会合体を形成しうることを見出した。

温度や溶媒極性等の会合の外部環境を変化させることで会合度の制御を試みたところ、ゆっくりと会合体を形成させることで、ナノメーターサイズで超分子構造が揃った集積体を形成することを、原子間力顕微鏡観察によって確認した。

緑色非硫黄光合成細菌から単離精製したバクテリオクロロフィルcを、低極性有機溶媒中に分散せると、直径5 nmの針状のJ会合体を形成することを、原子間力顕微鏡で明らかにした。この構造体は、天然クロロゾーム中で見られるロッド構造と酷似していた（雑誌論文の ）。

(4)階層を制御した超・超分子系の構築：超分子構造が秩序正しく構成されたポルフィリンの自己会合体に、自己集積能のない異質分子を添加することで、超分子の周辺部に様々な機能性部位を導入することを試みた。特に、近赤外吸収能のあるバクテリオクロリンやクロリンを導入することで、クロリンやポルフィリン型の自己会合体からの光励起エネルギー移動系を構築できることが確認できた（雑誌論文の ）。

自己集積型のポルフィリン分子の17位エステル部に相互作用しうる官能基を予め導入しておくことで、ポルフィリンJ会合体同士が相互作用することを、原子間力・走査電子顕微鏡で確認した。自己集積型のクロロフィル分子の17位エステル部に相互作用しうるウレア型官能基を予め導入しておくことで、クロロフィルJ会合体同士が相互作用することを、極低温透過電子顕微鏡で確認した。

(5)超分子系での機能創出：バクテリオクロロフィルeからなる天然のクロロゾームにおける光収穫・励起エネルギー移動を、時間分解分光法を用いて検討し、超高速・高効率励起一重項エネルギー移動を確認した。人工系でも同様の結果が得られた。あわせて、近赤外光励起によってポルフィリン系のJ会合体から電極への電子移動が可能であることも明らかにした。さらに、バクテリオクロロフィルe型クロロゾームにおける光収穫・励起エネルギー移動を、低温・高速2次元電子相関分光法でも検討し、バクテリオクロロフィルeの自己会合体内で超高速・高効率での励起子移動を確認した（雑誌論文の ）。

(6)光応答超分子ナノデバイスの創製：(2)で示したJ会合体をガラス基板上で調製することに成功し、さらにその上に光励起エネルギー受容体となる新たな分子を修飾することにも成功した。このような二成分系では、励起一重項エネルギー移動が可能であり、人工光合成アンテナとして機能した。

<引用文献>

民秋 均、「光合成の謎を解く鍵はクロロフィルにあり！」、*化学*, **63(11)**, 38–42 (2008).
H. Tamiaki, R. Shibata, T. Mizoguchi, *Photochem. Photobiol.*, **83**, 152–162 (2007).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計83件)

Y. Kinoshita, H. Tamiaki, "Synthesis and self-aggregation of chlorophyll derivatives possessing a pyrazole ring at the C3 position," *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, in press (2015) 査読有 DOI:

10.1016/j.photochem.2015.04.018

H. Tamiaki, N. Arika, T. Yasuda, T. Miyatake, T. Oba, "Synthesis of 20-iodochlorophyll derivatives and their properties including reactivity, electronic absorption, and self-aggregation," *Tetrahedron*, **70**, 9768–9775 (2014) 査読有 DOI: 10.1016/j.tet.2014.11.032

H. Tamiaki, M. Kuno, M. Ohata, "Self-aggregation of synthetic zinc chlorophyll derivatives possessing 3¹-hydroxy or methoxy group and 13¹-mono- or dicyanomethylene moiety in non-polar organic solvents as models of chlorosomal bacteriochlorophyll-d aggregates," *Photochem. Photobiol.*, **90**, 1277–1286 (2014) 査読有 DOI: 10.1111/php.12327

H. Tamiaki, S. Matsunaga, Y. Taira, A. Wada, Y. Kinoshita, M. Kunieda, "Synthesis of zinc 20-substituted bacteriochlorophyll-d analogs and their self-aggregation," *Tetrahedron Lett.*, **55**, 3351–3354 (2014) 査読有 DOI: 10.1016/j.tetlet.2014.04.057

S. Jun, C. Yang, M. Isaji, H. Tamiaki, J. Kim,

- H. Ihee, "Coherent oscillations in chlorosome elucidated by two-dimensional electronic spectroscopy," *J. Phys. Chem. Lett.*, **5**, 1386–1392 (2014) 査読有 DOI: 10.1021/jz500328w
- J. Harada, T. Mizoguchi, K. Nomura, H. Tamiaki, "Isolation and structural determination of C8-vinyl-bacteriochlorophyll *d* from the *bciA* and *bchU* double mutant of the green sulfur bacterium *Chlorobaculum tepidum*," *Photosynth. Res.*, **121**, 13–23 (2014) 査読有 DOI: 10.1007/s11120-014-0007-7
- H. Tamiaki, M. Kuno, M. Kunieda, "Self-aggregation of a synthetic zinc chlorophyll derivative possessing a 13¹-dicyanomethylene group as a light-harvesting antenna model," *Tetrahedron Lett.*, **55**, 2825–2828 (2014) 査読有 DOI: 10.1016/j.tetlet.2014.03.071
- H. Tamiaki, T. Nagai, K. Mizutani, S. Machida, "Synthesis of amino-analogs of bacteriochlorophyll-*d* and their self-aggregation in an aqueous micelle solution," *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **24**, 1668–1671 (2014) 査読有 DOI: 10.1016/j.bmcl.2014.02.062
- T. Mizoguchi, J. Harada, Y. Tsukatani, H. Tamiaki, "Isolation and characterization of a new bacteriochlorophyll-*c* bearing a neopentyl substituent at the C8-position from the *bciD*-deletion mutant of the brown-colored green sulfur bacterium *Chlorobaculum limnaeum*," *Photosynth. Res.*, **121**, 3–12 (2014) 査読有 DOI: 10.1007/s11120-014-9977-8
- S. Jun, T. W. Kim, C. Yang, M. Isaji, H. Tamiaki, H. Ihee, J. Kim, "Ultrafast energy transfer in chlorosome probed by femtosecond pump-probe polarization anisotropy," *Bull. Korean Chem. Soc.*, **35**, 703–704 (2014) 査読有 DOI: 10.5012/bkcs.2014.35.3.703
- S. Machida, H. Tamiaki, "Self-aggregation of synthetic zinc hydroxylated chlorophyll derivatives inside aqueous micelles: neighbouring effect of additional *O*-functional groups," *Chem. Lett.*, **43**, 249–251 (2014) 査読有 DOI: 10.1246/cl.130958
- Y. Tsukatani, J. Harada, T. Mizoguchi, H. Tamiaki, "Bacteriochlorophyll homolog composition in the *bchU* mutants of green sulfur bacteria," *Photochem. Photobiol. Sci.*, **12**, 2195–2201 (2013) 査読有 DOI: 10.1039/C3PP50253H
- S. Sasaki, K. Mizutani, M. Kunieda, H. Tamiaki, "Cycloaddition to a C3-ethynylated chlorophyll derivative and self-aggregation of zinc chlorin–pyrazole/triazole conjugates," *Tetrahedron*, **69**, 9772–9778 (2013) 査読有 DOI: 10.1016/j.tet.2013.09.007
- S. Shoji, T. Mizoguchi, H. Tamiaki, "Reconstruction of rod self-aggregates of natural bacteriochlorophyll-*c* from *Chloroflexus aurantiacus*," *Chem. Phys. Lett.*, **578**, 102–105 (2013) 査読有 DOI: 10.1016/j.cplett.2013.06.012
- J. Harada, T. Mizoguchi, S. Satoh, Y. Tsukatani, M. Yokono, M. Noguchi, A. Tanaka, H. Tamiaki, "Specific gene *bciD* for C7-methyl oxidation in bacteriochlorophyll *e* biosynthesis of brown-colored green sulfur bacteria," *PLoS ONE*, **8**(4), e60026 (2013) 査読有 DOI: 10.1371/journal.pone.0060026
- T. Mizoguchi, J. Harada, H. Tamiaki, "Characterization of chlorophyll pigments in the mutant lacking 8-vinyl reductase of green photosynthetic bacterium *Chlorobaculum tepidum*," *Bioorg. Med. Chem.*, **20**, 6803–6810 (2012) 査読有 DOI: 10.1016/j.bmc.2012.09.054
- J. Harada, T. Mizoguchi, Y. Tsukatani, M. Noguchi, H. Tamiaki, "A seventh bacterial chlorophyll driving a large light-harvesting antenna," *Sci. Rep.*, **2**, 671 (2012) 査読有 DOI: 10.1038/srep00671
- S. Shoji, T. Hashishin, H. Tamiaki, "Construction of chlorosomal rod self-aggregates in the solid state on any substrates from synthetic chlorophyll derivatives possessing an oligomethylene chain at the 17-propionate residue," *Chem. Eur. J.*, **18**, 13331–13341 (2012) 査読有 DOI: 10.1002/chem.201201935
- Y. Kataoka, Y. Shibata, H. Tamiaki, "Supramolecular energy transfer from photoexcited chlorosomal zinc porphyrin self-aggregates to a chlorin or bacteriochlorin monomer as models of main light-harvesting antenna systems in green photosynthetic bacteria," *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **22**, 5218–5221 (2012) 査読有 DOI: 10.1016/j.bmcl.2012.06.066
- S. Sasaki, K. Mizutani, M. Kunieda, H. Tamiaki, "Construction of chlorophyll assemblies based on zinc complexes of triazole-chlorin conjugates," *Tetrahedron*, **68**, 7133–7139 (2012) 査読有 DOI: 10.1016/j.tet.2012.06.046
- ② H. Tamiaki, S. Machida, K. Mizutani, "Modification of 3-substituents in (bacterio)chlorophyll derivatives to prepare 3-ethylated, methylated, and unsubstituted (nickel) pyropheophorbides and their optical properties," *J. Org. Chem.*, **77**, 4751–4758 (2012) 査読有 DOI: 10.1021/jo300442t
- ② H. Tamiaki, J. Komada, M. Kunieda, K. Fukai, T. Yoshitomi, J. Harada, T. Mizoguchi, "In vitro synthesis and characterization of bacteriochlorophyll-*f* and its absence in bacteriochlorophyll-*e* producing organisms," *Photosynth. Res.*, **107**, 133–138 (2011) 査読有 DOI: 10.1007/s11120-010-9603-3
- ③ H. Tamiaki, H. Morishita, "Vibrational

spectroscopic analysis of self-aggregates of synthetic zinc and cadmium ^{13}C - ^{18}O -labeled bacteriochlorophyll-*d* analogs," *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **83**, 1548–1550 (2010) 査読有 DOI: 10.1246/bcsj.20100174

- ②4 Y. Shibata, S. Tateishi, S. Nakabayashi, S. Itoh, H. Tamiaki, "Intensity borrowing via excitonic couplings among Soret and Qy transitions of bacteriochlorophylls in the pigment aggregates of chlorosomes, the light-harvesting antennae of green sulfur bacteria," *Biochemistry*, **49**, 7504–7515 (2010) 査読有 DOI: 10.1021/bi100607c
- ②5 M. Kunieda, H. Tamiaki, "J-Aggregation of zinc $3^1,13^1$ -dihydroxy-chlorins by exclusive coordination bonding between 3^1 -hydroxy group and central zinc atom," *Chem. Lett.*, **39**, 640–642 (2010) 査読有 DOI: 10.1246/cl.2010.640

[学会発表](計 4 1 4 件)

H. Tamiaki, Artificial light-harvesting antenna systems using semi-synthetic chlorophyll derivatives, ICARP2014, 2014 年 11 月 26 日, 淡路夢舞台国際会議場 (兵庫県・淡路市)

民秋 均, クロロフィルの分子構造と光機能, 第 26 回配位化合物の光化学討論会, 2014 年 8 月 7 日, 首都大学東京 (東京都・八王子市)

H. Tamiaki, T. Miyanaga, S. Shoji, Self-aggregation of semi-synthetic chlorophyll derivatives and their supramolecular structures, ICPP-8, 2014 年 6 月 26 日, イスタンブール (トルコ)

民秋 均, クロロフィルの構造と機能に関する研究, 日本化学会第 94 春季年会, 2014 年 3 月 29 日, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市)

S. Shoji, H. Tamiaki, Tube-shaped self-aggregates of natural bacteriochlorophylls and their synthetic models, LH2013, 2013 年 8 月 10 日, セントルイス (米国)

民秋 均, 人工光合成への期待, 第 4 回日本光合成学会年会, 2013 年 5 月 31 日, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市)

民秋 均, 人工的光捕集系の構築, 日本化学会第 93 春季年会, 2013 年 3 月 23 日, 立命館大学 (滋賀県・草津市)

民秋 均, 光合成細菌クロロフィルの合成, 日本植物学会第 76 回大会, 2012 年 9 月 17 日, 兵庫県立大学 (兵庫県・姫路市)

H. Tamiaki, Functionalization of peripheral substituents in chlorophyll derivatives, ICPP-7, 2012 年 7 月 3 日, 済州 (韓国)

H. Tamiaki, S. Shoji, Photocurrent of synthetic chlorophyll derivatives on electrodes: development of chlorophyll-sensitized solar cells, IFPFO2011, 2011 年 12 月 8 日, 済州(韓国)

H. Tamiaki, Y. Kimura, T. Mizoguchi, Chemistry of naturally occurring chlorophylls-*c* isolated from chromophyta algae, ICTPPO2011, 2011 年 7 月 26 日, ベルリン (ドイツ)

H. Tamiaki, Synthesis of bacteriochlorophyll-*d* analogs possessing modified substituents at the B-ring and their chlorosomal self-aggregation, Pacificchem2010, 2010 年 12 月 18 日, ホノルル (米国)

H. Tamiaki, Photochemistry of chlorophylls and their synthetic analogs, 国際シンポジウム「Molecular mechanism of photosynthetic energy conversion: the present research and future prospects」, 2010 年 12 月 6 日, 岡崎コンファレンスセンター (愛知県・岡崎市)

H. Tamiaki, S. Shoji, Chlorosomal self-aggregates of synthetic bacteriochlorophyll-*d* analogs possessing various substituents at the D-ring, 第 15 回国際光合成会議サテライト集会「アンテナと反応中心」, 2010 年 8 月 21 日, 天津 (中国)

H. Tamiaki, Y. Kimura, T. Mizoguchi, Stereochemistry of natural chlorophylls-*c* from diatoms and brown algae, ICPP-6, 2010 年 7 月 9 日, ニューメキシコ (米国)

[図書](計 1 4 件)

塚谷祐介, 民秋 均, 生化学会, 生化学, 87 巻 2 号, 2015, 5(234–238)

柏山祐一郎, 横山亜紀子, 民秋 均, 光合成学会, 光合成研究, 72 号, 2014, 13(58–70)

溝口 正, 民秋 均, エヌ・ティー・エス, 光合成研究と産業応用最前線, 2014, 10(33–42)

宮武智弘, 民秋 均, 日本工業出版, 光アライアンス, 25 巻 7 号, 2014, 5(5–9)

佐賀佳央, 民秋 均, 化学工業社, 化学工業, 65 巻 3 号, 2014, 9(6–14)

民秋 均, 朝倉書店, 光化学の事典, 第 8 章 2 節, 2014, 2(328–329)

民秋 均, シーエムシー出版, 光合成のエネルギー利用と環境応用, 2014, 9(13–21)

民秋 均, シーエムシー出版, BIO INDUSTRY, 30 巻 12 号, 2013, 7(15–21)

宮武智弘, 民秋 均, 情報機構, 人工光合成 実用化に向けた最新技術, 第 2 節, 2013, 13(28–40)

原田二郎, 民秋 均, 化学同人, 化学, 68 巻 3 号, 2013, 6(48–53)

H. Tamiaki, M. Kunieda, Handbook of Porphyrin Science, vol. 11, 2011, 68(223–290)

垣谷俊昭, 三室 守, 民秋 均, 裳華房, クロロフィル—構造・反応・機能—, 2011, 94(2–12, 31–73, 184–189, 211–226, 275–292)

原田二郎, 大岡宏造, 民秋 均, 光合成学会, 光合成研究, 58 号, 2010, 7(93–99)

民秋 均, 化学同人, CSJ カレントレビュー-02 「人工光合成と有機系太陽電池」, Part

II 研究最前線, 3 章, 2010, 7(52-58)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 6 件)

名称: バクテリオクロロフィルbの大量産生方法及び産生菌

発明者: 塚谷祐介、民秋 均、原田二郎、藤田祐一、野亦次郎

権利者: 学校法人立命館、学校法人久留米大学

種類: 特許

番号: PCT 出願 2015-54552

出願年月日: 2015 年 2 月 19 日

国内外の別: 国外

名称: バクテリオクロロフィルbの大量産生方法及び産生菌

発明者: 塚谷祐介、民秋 均、原田二郎、藤田祐一、野亦次郎

権利者: 学校法人立命館、学校法人久留米大学

種類: 特許

番号: 特許願 2014-30085

出願年月日: 2014 年 2 月 19 日

国内外の別: 国内

名称: 緑色硫黄細菌変異体およびバクテリオクロロフィル

発明者: 原田二郎、野口正人、民秋 均

権利者: 学校法人立命館、学校法人久留米大学

種類: 特許

番号: PCT 出願 2013-53295

出願年月日: 2013 年 2 月 12 日

国内外の別: 国外

名称: 緑色硫黄細菌変異株及びそれを利用したバクテリオクロロフィルc 同族体の製造方法

発明者: 原田二郎、野口正人、民秋 均

権利者: 学校法人立命館、学校法人久留米大学

種類: 特許

番号: 特許願 2012-260321

出願年月日: 2012 年 11 月 28 日

国内外の別: 国内

名称: 新規酵素およびそれを用いたバクテリオクロロフィルの製造方法

発明者: 塚谷祐介、民秋 均

権利者: 学校法人立命館

種類: 特許

番号: 特許願 2012-141370

出願年月日: 2012 年 6 月 22 日

国内外の別: 国内

名称: 緑色硫黄細菌変異体およびバクテリオクロロフィル

発明者: 原田二郎、野口正人、民秋 均

権利者: 学校法人立命館、学校法人久留米大学

種類: 特許

番号: 特許願 2012-028919

出願年月日: 2012 年 2 月 13 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ritsumeai.ac.jp/se/rc/staff/tamiaki/lab.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

民秋 均 (TAMIAKI Hitoshi)

立命館大学・薬学部・教授

研究者番号: 00192641