

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月30日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570038

研究課題名（和文）

クロロフィル d による光合成光化学系 2 電荷分離のメカニズムの新規性と普遍性の解明研究

課題名（英文） Research of the novelty and universal mechanism of photosystem II by the chlorophyll d having cyanobacteria

研究代表者

鞆 達也 (TOMO TATSUYA)

東京理科大学・理学部・准教授

研究者番号：60300886

研究成果の概要（和文）：

クロロフィル *d* は近赤外領域に吸収極大を持つクロロフィルであり、クロロフィル *a* 以外に反応中心クロロフィルとして機能する唯一のクロロフィルである。これは、光エネルギー変換の電荷分離の際に基底状態と励起状態のエネルギー差がクロロフィル *a* より小さいことを意味し、酸化側と還元側のエネルギー制御が必要になることを意味する。我々は本研究において光化学系 II 複合体の初期電子受容体と第二次電子受容体の酸化還元電位がクロロフィル *a* とクロロフィル *d* の差に相当する分シフトしていることを明らかにした。この結果、酸化側のエネルギー準位は変えずに還元側の準位を変化させることにより、クロロフィル種に応じてエネルギーの大きさを補償している光合成光化学系の新規性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

*A. marina* is a photosynthetic cyanobacterium in which chlorophyll (Chl) *d* is the major antenna pigment. Chl *d* absorbs light with a wavelength up to 30 nm red-shifted from Chl *a*. Therefore, if Chl *d* was the special pair component, the overall energetics must be different in *A. marina*. We performed direct measurements of the redox potential of primary and secondary electron donor using purified *Acaryochloris* PS II and the Chl *a*-type PS II. We obtained positive potential shifts for *A. marina* in PS II complexes. The difference in the redox potential of electron donors between the two species closely corresponded to the difference in the light energy absorbed by Chl *a* versus Chl *d*. These findings indicate that changes in Chl species modulates a specific potential change in reduction side in PS II.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1900000	570000	2470000
2010年度	900000	270000	1170000
2011年度	900000	270000	1170000
年度			
年度			
総計	3700000	1110000	4810000

研究分野：植物生理学

科研費の分科・細目：

キーワード：光化学系 II、クロロフィル、酸化還元電位

### 1. 研究開始当初の背景

これまでに低エネルギー領域に吸収極大を持つ、新規クロロフィル (Chl) *d* の光化学系 I 複合体の初期電子供与体の電位は Chl *a* 型のそれとほとんど変化が無いことを明らかにしてきた。しかし、水分解という重要な反応を担う、光化学系 II では初期電子供与体が Chl *d* であるとき、エネルギーの補償はどのようなメカニズムで行われているのか謎であった。

### 2. 研究の目的

Chl *d* を初期電荷分離色素として持つシアノバクテリアの光化学系 II 標品を単離精製し、その電子伝達成分の酸化還元電位を決定する。この電位の解析により Chl *d* の小さいエネルギーを、このシアノバクテリアがどのように補償しているのかを明らかにするとともに、特殊な色素をもつ光化学系電子伝達反応の新規性と一般的な光化学系反応における普遍性を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

Chl *d* を主要色素としてもつシアノバクテリア *Acaryochloris marina* より、高い活性を保持した光化学系 II 複合体を単離精製した。この技術は現在申請者のみが保持している。この標品の色素組成やスペクトルを精査した。さらに、この標品に参加還元試薬を加えた後、閃光照射を行い、初期電子受容体の吸収変化、および第二次電子受容体の蛍光強度変化を観測することにより、それぞれの酸化還元電位を決定した。

### 4. 研究成果

*Acaryochloris marina* から世界で初めて高度に純化された光化学系 II 標品の単離精製に成功した。この標品には初期電子受容体として2分子のフェオフィチン *a* と約2分子の Chl *a* が結合し、残りの Chl 分子は Chl *d* であった。この標品の初期電子受容体および第二次電子受容体の酸化還元電位を測定したところ、それぞれ -478 mV と +64 mV であった。これは対照として用いた Chl *a* 型の酸化還元電位 -602 mV および +5 mV と比較してそれぞれ電位が positive shift しており、この差は Chl *a* と Chl *d* のエネルギー差とよく一致した。また、本測定で求めた還元側の酸化還元電位より、初期電子供与体の酸化還元電位を求めたところ約 +1200 mV であった。この値は Chl *a* 型の光化学系 II とほぼ同じであった。光化学系 II の他の反応中心とは決定的に異なる点として、初期電子供与体の水より高い酸化還元電位が挙げられる。水から電子を引き抜くためには、これが絶対条件となる。Chl *a* と Chl *d* のエネルギー差は約 100 mV 程度存在することから、もし酸化側の電位が変化すると水

から電子を引き抜くことが困難になると予想される。しかし、実際測定した酸素発生活性に Chl *a* 型と Chl *d* 型の光化学系 II においてほとんど変化がないことから、その原理がどうなっているのかが重要な問題であった。本研究により、Chl *a* と比較してエネルギーの小さい Chl *d* を初期電子供与体として持つ光化学系 II は水分解を担う酸化側を変えることなく、還元側のエネルギー準位を変化させて電子伝達反応を進行していることを明らかにした。これは、光化学系 II の電子伝達反応において還元側のエネルギー準位を変化させても良いという新規性を意味し、同時に水分解を担う酸化側のエネルギー準位は変化させてはならないという普遍性を意味する。より、長波長側で水分解を担う光合成が今後可能になれば、この原理を応用することにより、人類にとって新たなエネルギーの獲得につながると思われる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

① Luminescence of singlet oxygen in photosystem II complexes isolated from cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC6803 containing monovinyl or divinyl chlorophyll *a*, Tatsuya Tomo, Hayato Kusakabe, Ryo Nagao, Hisashi Ito, Ayumi Tanaka, Seiji Akimoto, Mamoru Mimuro, Shigetoshi Okazaki **Biochim. Biophys. Acta** 1817:1299-1305 (2012) 査読有

② Metabolic Engineering of the Chl *d*-Dominated Cyanobacterium *Acaryochloris marina*: Production of a Novel Chl Species by the Introduction of the Chlorophyllide *a* Oxygenase Gene, Tohru Tsuchiya, Tadashi Mizoguchi, Seiji Akimoto, Tatsuya Tomo, Hitoshi Tamiaki, Mamoru Mimuro **Plant Cell Physiol.** 53: 518-527 (2012)

③ Alterations in photosynthetic pigments and amino acid composition of D1 protein change energy distribution in photosystem II, Makio Yokono, Tatsuya Tomo, Ryo Nagao, Hisashi Ito, Ayumi Tanaka, Seiji Akimoto **Biochim. Biophys. Acta** 1817:754-759 (2012) 査読有

④ Redox potentials of primary electron acceptor quinone molecule ( $Q_A$ )<sup>-</sup> and conserved energetics of photosystem II in cyanobacteria with chlorophyll *a* and chlorophyll *d*, Suleyman I. Allakhverdiev, Tohru Tsuchiya, Kazuyuki Watabe, Akane Kojima, Dmitry A. Los, Tatsuya Tomo, Vyacheslav V. Klimov, and Mamoru Mimuro,

Proc. Acad. Natl. USA 108: 8054-8058 (2011) 査読有

⑤ Constitution and energetics of photosystem I and photosystem II in the chlorophyll *d*-dominated cyanobacterium *Acaryochloris marina*, Tatsuya Tomo他2名, **J. Photobiol. Photochem. B** 104:333-340 (2011) 査読有

⑥ Molecular environments of divinyl chlorophylls in *Prochlorococcus* and *Synechocystis*: Differences in fluorescence properties with chlorophyll replacement, Mamoru Mimuro, Akio Murakami, Tatsuya Tomo 他4名, **Biochim. Biophys. Acta** 1807:471-481 (2011) 査読有

⑦ Herbicide effect on the photodamage process of photosystem II: Fourier transform infrared study, Issei Idedan, Tatsuya Tomo, Takumi Noguchi, **Biochim. Biophys. Acta** 1807:1211-1220 (2011) 査読有

⑧ *Acaryochloris marina*の光化学系IIの単離精製と性質, 小島 茜、金藤 隼人、長尾 遼、三室 守、鞆 達也, 光合成研究 21: 55-58 (2011) 査読有

⑨ Photosystem II-Gold Nanoparticle Conjugate as a Nanodevice for the Development of Artificial Light-Driven Water-Splitting System, Tomoyasu Noji, Hiroyuki Suzuki, Toshiaki Gotoh, Masako Iwai, Masahiko Ikeuchi, Tatsuya Tomo, and Takumi Noguchi, **J. Physical. Chem. Lett.** 2:2448-2452 (2011) 査読有

⑩ Species-dependence of the redox potential of the primary quinone electron acceptor  $Q_A$  in photosystem II verified by spectroelectrochemistry, Tadao Shibamoto, Yuki Kato, Ryo Nagao, Takuya Yamazaki, Tatsuya Tomo, Tadashi Watanabe, **FEBS Lett.** 584: 1526-1530 (2010) 査読有

⑪ Direct measurement of singlet oxygen produced by four chlorin-ringed chlorophyll species in acetone solution, Shigetoshi Okazaki, Tatsuya Tomo, Mamoru Mimuro, **Chem. Phys. Lett.** 485: 202-206 (2010) 査読有

⑫ Topological Analysis of the Extrinsic PsbO, PsbP and PsbQ Proteins in a Green Algal PSII Complex by Cross-Linking with a Water-Soluble Carbodiimide, Ryo Nagao, Takehiro Suzuki, Akinori Okumura, Ayako Niikura, Masako Iwai, Naoshi Dohmae, Tatsuya Tomo, Jian-Ren Shen, Masahiko Ikeuchi and Isao Enami, **Plant Cell Physiol.** 51: 718-727 (2010) 査読有

⑬ Binding and Functional Properties of Five Extrinsic Proteins in

Oxygen-evolving Photosystem II from a Marine Centric Diatom, *Chaetoceros gracilis*, Ryo Nagao, Akira Moriguchi, Tatsuya Tomo, Ayako Niikura, Saori Nakajima, Takehiro Suzuki, Akinori Okumura, Masako Iwai, Jian-Ren Shen, Masahiko Ikeuchi, Isao Enami, **J. Bio. Chem.** 285: 29191-29199 (2010) 査読有

⑭ Purification and characterization of a stable oxygen-evolving Photosystem II complex from a marine centric diatom, *Chaetoceros gracilis*, Purification and characterization of a stable oxygen-evolving Photosystem II complex from a marine centric diatom, *Chaetoceros gracilis*, Ryo Nagao, Tatsuya Tomo, Eri Noguchi, Saori Nakajima, Takehiro Suzuki, Akinori Okumura, Yasuhiro Kashino, Mamoru Mimuro, Masahiko Ikeuchi, Isao Enami **Biochim. Biophys. Acta** 1797:160-166 (2010) 査読有

⑮ Redox potential of pheophytin *a* in photosystem II of two cyanobacteria having the different special pair chlorophylls, Suleyman I. Allakhverdiev, Tatsuya Tomo, Yuichiro Shimada, Hayato Kindo, Ryo Nagao, Vyacheslav V. Klimov, and Mamoru Mimuro, **Proc. Acad. Natl. USA** 107: 3924-3929 (2010) 査読有

[学会発表] (計45件)

1. Tatsuya Tomo, JST-PRESTO International Joint Symposium on Photo-Science Leading to a Sustainable Society: Environment, Energy, Functional Materials, 2012年3月25日～3月28日、慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

2. 土屋 徹, 秋本 誠志, 渡部 和幸, 鞆 達也, 三室 守、人工的に合成した[7-ホルミル]-クロロフィルdを含む光化学系IIの色素組成、第53回日本植物生理学会年会、2012年3月16日～3月18日、京都・京都産業大学

3. 奥原 未来, 諫山 昇, 長尾 遼, 榎並 勲, 鞆 達也、原始紅藻 *Cyanidium caldarium* の新規分泌タンパク質と細胞分裂との関係、第53回日本植物生理学会年会、2012年3月16日～3月18日、京都・京都産業大学

4. 佐野 裕子, 大久保 辰則, 遠藤 嘉一郎, 鞆 達也, 野口 巧、*Acaryochloris marina*の光化学系IIにおけるクロロフィル三重項状態の赤外分光検出、第53回日本植物生理学会年会、2012年3月16日～3月18日、京都・京都産業大学

5. 遠藤 嘉一郎, 鈴木 健裕, 長尾 遼, 堂前 直, 鞆 達也、*Acaryochloris marina* から光化学系II反応中心の単離・精製とその

性質、第53回日本植物生理学会年会、2012年3月16日～3月18日、京都・京都産業大学

6. 長尾 遼, 鞆 達也, 成川 礼, 榎並 勲, 池内 昌彦, 珪藻のアンテナタンパク質に結合しているプロテアーゼは非特異的な分解活性を持つ、日本植物学会第75回年会、2011年9月17日～9月19日、東京・東大駒場キャンパス

7. Tomoyasu Noji, Kousuke Kawahara, Hiroyuki Suzuki, Toshiaki Goto, Tatsuya Tomo, Masako Iwai, Masahiko Ikeuchi, Takumi Noguchi, Formation of photosystem II-gold nanoparticle conjugates、第49回日本生物物理学会年会、2011年9月16日～9月18日、兵庫県立大学姫路書写キャンパス

8. A. Teshigahara, M. Yokono, R. Nagao, T. Tomo, S. Akimoto, Direct measurement of energy transfer in the Fucoxanthin-Chlorophyll a/c Protein investigated by ultrafast spectroscopy、5th Asia Oceania Conference on Photobiology、2011年7月30日～8月1日、Nara, Japan

9. Tohru TSUCHIYA, Tadashi MIZOGUCHI, Seiji AKIMOTO, Hayato KINDO, Tatsuya TOMO, Hitoshi TAMIAKI and Mamoru MIMURO、Spectroscopic Properties of Photosystems Isolated from the Transformant of *Acaryochloris marina* that Accumulates a Novel Chlorophyll Species、International Conference "Photosynthesis Research for Sustainability、2011年7月24日～7月30日、Baku, Azerbaijan

10. Tatsuya TOMO, Akari MAKITA, Naoki ITO, Ryo NAGAO, Hideyuki ADACHI, Hisataka OHTA, Jian-Ren SHEN, Hiroyuki MINO、Topological analysis of PsbQ' subunit in *Cyanidium caldarium* PS II by ESR and crosslinking analysis、International Conference "Photosynthesis Research for Sustainability、2011年7月24日～7月30日、Baku, Azerbaijan

11. Tatsuya TOMO, Suleyman I. Allakhverdiev, Tohru TSUCHIYA, Mamoru MIMURO、CURRENT TOPICS OF CHLOROPHYLL-D DOMINATED CYANOBACTERIAL PHOTOSYSTEMS、International Conference "Photosynthesis Research for Sustainability、2011年7月24日～7月30日、Baku, Azerbaijan

12. 鞆 達也、伊藤 直樹、巻田 灯、長尾 遼、足立 秀行、太田 尚孝、沈 建人、三野 広幸、原始紅藻光化学系II表在性タンパク質PsbQ'のESR/cross-linkingを用いたトポロジー解析、第19回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2011年7月9日

～7月10日、大阪大学(豊中)

13. 横野牧生、鞆 達也、長尾 遼、伊藤 寿、田中 歩、秋本 誠志、*Prochlorococcus*に保存されているPSII D1サブユニットのアミノ酸変異は励起エネルギーをCP47へ迂回させる、第19回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2011年7月9日～7月10日、大阪大学(豊中)

14. 秋本 誠志、横野牧生、村上明男、鞆 達也、土屋 徹、渡辺和幸、三室 守、シアノバクテリア *Prochlorococcus*におけるジビニルクロロフィルの励起緩和ダイナミクス、第19回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2011年7月9日～7月10日、大阪大学(豊中)

15. 勅使河原彩香、横野牧生、長尾 遼、鞆 達也、秋本 誠志、Fucoxanthin-Chlorophyll a/c-proteinにおけるクロロフィル間エネルギー移動、第19回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2011年7月9日～7月10日、大阪大学(豊中)

16. 長尾 遼、鞆 達也、成川 礼、榎並 勲、池内 昌彦、珪藻の光化学系II複合体を優先的に分解するプロテアーゼはFCPに結合している、第2回日本光合成学会、2011年6月3日～6月4日、京都大学百周年時計台記念館

17. 土屋 徹、秋本 誠志、金籐 隼人、鞆 達也、三室 守、新奇クロロフィルを合成する *Acaryochloris marina* MBIC 11017の形質転換体からの光化学系の単離とその性質、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

18. 野地 智康、鈴木 博行、五藤 俊明、鞆 達也、野口 巧、光化学系II-金ナノ粒子複合体の形成、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

19. 長尾 遼、鞆 達也、榎並 勲、池内 昌彦、珪藻の光化学系II複合体に結合したアンテナタンパク質FCPの単離と解析、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

20. 小島 茜、長尾 遼、三室 守、鞆 達也、*Acaryochloris marina*の光化学系II色素組成、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

21. 諫山 昇、長尾 遼、榎並 勲、鞆 達也、原始紅藻 *Cyanidium caldarium* の lysyl oxidase likeタンパク質の性質、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

22. 巻田 灯、伊藤 直樹、山崎 拓也、長尾 遼、足立 秀行、太田 尚孝、沈 建仁、三野 広幸、鞆 達也、*Cyanidium caldarium*に存在する光化学系II表在性タンパク質PsbQ'の架橋反応とESRを用いたトポロジー解析、第52回日本植物生理学会年会、2011年3月20日～3月22日、東北大学

23. Tatsuya Tomo, Suleyman I Allakhverdi ev, Mamoru Mimuro, Characterization of photosystem complexes in a chlorophyll *d*-dominated cyanobacterium, The 70th Okazaki Conference, Molecular Mechanism of Photosynthetic Energy Conversion: The Present Research and Future Prospects, 2010年12月4日 - 12月6日、岡崎コンファレンスセンター

24. Yuki Kato, Tadao Shibamoto, Ryo Nagao, Takuya Yamazaki, Miwa Sugiura, Tatsuya Tomo, Tadashi Watanabe, Spectroelectrochemical investigation of redox potential of the primary quinone electron acceptor  $Q_A$  in photosystem II for various species, 第48回日本生物物理学会年会、2010年9月20日 - 9月22日、東北大学

25. Ryo Nagao, Tatsuya Tomo, Isao Enami, Masahiko Ikeuchi, Crude Photosystem II particles from diatom are remarkably unstable, 15th International Congress of Photosynthesis, 2010年8月22日 - 8月27日、Beijing Friendship Hotel

26. Takuya Yamazaki, Ryo Nagao, Takehiro Suzuki, Naoshi Dohmae, Tatsuya Tomo, Localization of PsbQ' in *Cyanidioschyzon merolae* PS II, 15th International Congress of Photosynthesis, 2010年8月22日 - 8月27日、Beijing Friendship Hotel

27. 岡崎 茂俊, 鞆達也, 三室 守, クロロフィル類および光化学系II複合体における一重項酸素の発生効率の近赤外発光検出による検討, 第32回日本光医学・光生物学会、2010年7月30日 - 7月31日、東京慈恵会医科大学

28. 三室 守, 村上 明男, 鞆達也, 土屋 徹, 渡部 和幸, 秋本 誠, アンテナ系における色素の変換とその後の最適化, 第18回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2010年7月10日 - 7月11日、京都大学

29. 鞆達也, 岡崎 茂俊, 日下部 勇人, 長尾 遼, 三室 守, 光化学系II光化学反応における一重項酸素の直接測定, 第18回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2010年7月10日 - 7月11日、京都大学

30. 加藤 祐樹, 芝本 匡雄, 長尾 遼, 山崎 拓也, 杉浦 美羽, 鞆達也, 渡辺 正,  $Q_A$ の酸化還元電位の生物種による違い, 第18回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2010年7月10日 - 7月11日、京都大学

31. 長尾 遼, 渡部 和幸, 鞆達也, 三室 守, 池内 昌彦, 珪藻PSIIに結合した集光性色素タンパク質複合体FCPの精製とその分光特性, 第18回光合成の色素系と反応中心に関するセミナー、2010年7月10日 - 7月11日、京都大学

32. 山崎 拓也, 長尾 遼, 鞆達也, 原始紅藻、

第4の表在性タンパク質PsbQ' はPsbEに近接して存在する、第1回日本光合成学会、2010年6月4日 - 6月5日、東京大学

33. 長尾 遼, 鞆達也, 榎並 勲, 池内 昌彦, 強力な分解活性を持つプロテアーゼは珪藻FCPに結合している、第1回日本光合成学会、2010年6月4日 - 6月5日、東京大学

34. 小島 茜, 金藤 隼人, 長尾 遼, 三室 守, 鞆達也, *Acaryochloris marina*の光化学系IIの単離精製と性質, 第1回日本光合成学会、2010年6月4日 - 6月5日、東京大学

35. 土屋 徹, 溝口 正, 鞆達也, 民秋 均, 三室 守, クロロフィル*d*を主要なクロロフィルとする*Acaryochloris marina* MBIC 11017 への遺伝子導入による新奇クロロフィルの合成, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

36. 山崎 拓也, 長尾 遼, 鈴木 健裕, 堂前 直, 鞆達也, 原始紅藻*Cyanidioschyzon merolae*の光化学系II 複合体に結合した表在性タンパク質PsbQ の局在解析, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

37. 金藤 隼人, 長尾 遼, 三室 守, 鞆達也, *Acaryochloris marina*から光化学系II の新しい単離精製方法と光化学系IIの性質, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

38. 日下部 勇人, 岡崎 茂俊, 長尾 遼, 伊藤 寿, 田中 歩, 三室 守, 鞆達也, ジビニルクロロフィルに置換した*Synechocystis* sp. PCC6803 光化学系IIの解析, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

39. 菊池 賢人, 長尾 遼, 片山 りり子, 榎並 勲, 鞆達也, 原始紅藻*Cyanidium caldarium*の細胞外酵素の性質, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

40. 長尾 遼, 鞆達也, 榎並 勲, 池内 昌彦, 珪藻*Chaetoceros gracilis* の酸素発生光化学系II 複合体は不安定である, 第51回日本植物生理学会年会、2010年3月18日-3月21日、熊本大学

41. Hiroyuki Suzuki, Yuichiro Shimada, Tohru Tsuchiya, Tatsuya Tomo, Mamoru Mimuro, Takumi Noguchi, FTIR study on the structure of CP43-E354 in the photosynthetic oxygen-evolving center, 第47回日本生物物理学会年会、2009年10月30日-11月1日、アスティ徳島

42. 長尾 遼, 岩井 雅子, 松本 ゆり, 妹尾 聡子, 奥村 彰規, 鈴木 健裕, 緑川 貴文, 河野 祐介, 三角 修己, 鞆達也, 黒岩 常祥, 池内 昌彦, 榎並 勲, 耐酸性を担う*Cyanidioschyzon merolae* の遺伝子を導入したラン色細菌*Thermosynechococcus elongatus*の耐酸性獲

得、日本植物学会第73回大会、2009年9月18日-9月20日、山形大学

43. 鞆 達也、岡崎 茂俊、伊藤 寿、日下部 勇人、秋本 誠志、土屋 徹、田中 歩、三室 守、ジビニル型クロロフィルを持つシアノバクテリアにおける光化学系光阻害の機構、第15回日本光生物学協会年会、2009年8月19日-8月20日、自然科学研究機構岡崎コンフェレンスセンター

44. Tohru Tsuchiya, Tatsuya Tomo and Mamoru Mimuro, PRODUCTION OF A NOVEL CHLOROPHYLL IN THE CHLOROPHYLL *a*-DOMINATED CYANOBACTERIUM *ACARYOCHLORIS MARINA* MBIC 11017, 9th International Conference on Tetrapyrrole Photoreceptors in Photosynthetic Organisms, 2009年7月26日-7月31日、Asilomar Conference, Center Asilomar Conference Center, Monterey, CA

45. クロロフィル類における一重項酸素の発生効率および消去速度の近赤外発光検出による比較、岡崎 茂俊、鞆 達也、三室 守 第31回光医学光生物学学会、2009年7月24日-7月25日、大阪、梅田スカイビル

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/tomo/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鞆 達也 (TOMO TATSUYA)

東京理科大学・理学部・准教授

研究者番号：60300886

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし