

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23370013

研究課題名(和文) 海洋生態系を支えるシアノバクテリアの多様化と光合成適応

研究課題名(英文) Photo-physiological acclimation of cyanobacteria diversified in various marine environments

研究代表者

村上 明男 (Murakami, Akio)

神戸大学・内海域環境教育研究センター・准教授

研究者番号：50304134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：シアノバクテリア(藍藻)は太陽の光エネルギーを用い有機化合物を生産する光合成システムに、水を分解して酸素ガスを生み出す仕組みを最初に組み込んだ生き物である。また、地球表面積の7割を占め、数十億年にわたる生命進化の舞台である海には、多種多彩なシアノバクテリアが生育している。本研究では、これらのシアノバクテリアが分布する海面から水深200mまでの有光層内において、光合成システムがどのように機能し、また各環境にどのように適応しているのかを明らかにした。

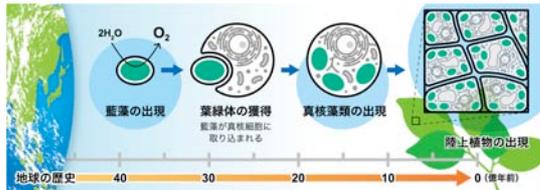
研究成果の概要(英文)：Cyanobacteria are the pioneer microorganisms that joined the water-splitting and oxygen-evolving reaction to the solar-light-energy conversion and photosynthetic organic carbon producing system. In ocean covering 70% of Earth's surface, where the evolution and diversification of life continues over several billion years, various and colorful cyanobacteria grow. In this study, we revealed how cyanobacteria operate photosynthetic system and how cyanobacteria adapt to various environmental factors in the euphotic zone of ocean.

研究分野：光生理生態学

キーワード：シアノバクテリア 光合成色素 光環境 海洋

1. 研究開始当初の背景

シアノバクテリア(藍藻)は、酸素発生光合成システムを構築した唯一の生物である。シアノバクテリアは、大気圏への分子状酸素の供給による地球環境の形成、海洋をはじめとする水圏の主要一次生産者、細胞内共生進化による酸素発生型光合成システムの藻類・陸上植物への伝播、など現在に至る地球生命の進化や地球生態系の形成・維持には不可欠な存在である。典型的なシアノバクテリアは光合成色素として、クロロフィル a (緑色) とフィコシアノビルリン(青色)を主要成分としてもつ藍色を呈する生物群で、この色素組成は分類学上の基準にもなっている。



その一方で、近年、紅色、橙色、褐色のシアノバクテリアが主に海洋環境から見いだされてきた。水深 50-100m 付近に生息する単細胞のピコシアノバクテリア *Synechococcus*、赤潮様のコロニーを形成する浮遊糸状性シアノバクテリア *Trichodesmium* などがその例である。これらは、フィコシアノビルリンの誘導体であるフィコエリスロビルリン(紅色)やフィコクロビルリン(橙色)などを豊富に発現し、海中深く届く太陽光の緑色や青色の波長成分を効率良く吸収し、光合成反応に利用することが可能である。また、シアノバクテリアは、クロロフィルとしてクロロフィル a だけをもつことが分類基準であったが、近年、緑色植物と同様にクロロフィル a に加えクロロフィル b をもつ、あるいは、特異なクロロフィル d などをもつ変わったシアノバクテリアが、主に浅海域で見いだされている。さらに、水深 100-200m 付近の海域には、酸素発生光合成生物が普遍的にもつとされていたモノビニル型クロロフィル a の代わりに、ジビニル型クロロフィル a、およびジビニル型クロロフィル b をもつピコシアノバクテリア *Prochlorococcus* が見つかった。このシアノバクテリアは海洋の一次生産に大きく寄与する重要な生物であることが明らかになっている。また、上記のシアノバクテリアの中には、カロテノイドの組成や分子種が特殊化したものも含まれる。

このように、シアノバクテリアの光合成システムは、クロロフィル、カロテノイド、ビルリンの 3 グループの光合成色素全てにおいて、藻類など他の酸素発生光合成生物にはみられない色素の多様化が起きていることが明らかになってきた。

2. 研究の目的

海洋環境に生息するシアノバクテリアの光合成色素系の多様化に着目し、その多様化

を光や栄養塩などの生育環境への適応機構を、光生理生態の観点から主に明らかにすることを目的に、様々なシアノバクテリア種を対象にフィールド観察と最先端分光測定を組み合わせた解析を行う。また、シアノバクテリアと同様の光合成色素をもつ真核藻類との比較検討も行った。

3. 研究の方法

(1) フィールド調査と採集

海産無脊椎動物など他生物に共生、あるいは他生物や基質などに着生するシアノバクテリアを対象に、沖縄県、兵庫県などの沿岸域で調査・採集を行った。

(2) 新規株の分離

採集した各種シアノバクテリアについては、分離・培養を進めた。特に、細胞の色調や性状に特徴のあるシアノバクテリア、特異な環境に生育するシアノバクテリアなどについては、分離法や培養条件の工夫を施した。

(3) 培養

本研究で新たに分離した株や既存の培養株それぞれの特性に合わせ、培地組成を変えた。特に天然海水や人工海水との相性や添加する栄養塩の組成には留意した。光強度、日周条件、温度、などの環境要因も、株毎の特性にあわせ至適条件を探った。

(4) 色素分析

光合成色素の組成比や光化学系反応中心の状態・量比を測定するため、生細胞を用いた生体吸収スペクトル、蛍光スペクトルを測定した。また、細胞懸濁液測定用に分光装置に改良を加えた。色素種の同定は、HPLC および質量分析計で行った。

(5) 励起エネルギー移動の解析

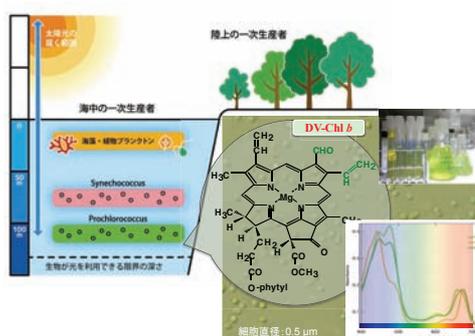
光合成生物における励起エネルギー移動を議論するには、パルス光で励起後、サブピコ秒からサブマイクロ秒 (10^{-13} から 10^{-7} 秒) 領域の蛍光挙動を観測する必要がある。本研究では、フェムト秒蛍光アップコンバージョン法とピコ秒時間相関単一光子計数法を用いて測定を行った。得られた時間分解蛍光スペクトルをグローバル解析し、色素間の励起エネルギー移動過程を解析した。

4. 研究成果

(1) 特殊なクロロフィル組成をもつ海洋シアノバクテリア 3 種 (複数株) について、主要カロテノイドの組成と立体異性を精査した。2 種 (それぞれ 2 株、3 株) は、シアノバクテリアとしては例外的に、 α カロテンを主要カロテノイドとしてもつことを再確認した。 α カロテンは、葉緑体一次共生生物の多細胞性紅藻と緑藻・陸上植物が一般的にもつが、シアノバクテリアの 1 種がもつ α カロテンの立体異性は、これまで確認されていたものとは異なるもので、天然カロテノイドとしては、はじめての発見となった。 α カロテンの進化獲得過程や立体異性と光合成機能との関係などは、今後の課題である。また、関連してシアノバクテリアと同様の光合成色素

組成をもつ紅藻分類群全体について、カロテノイド組成を網羅的、統一的に解析し、シアノバクテリアに由来するカロテノイド合成代謝系の進化・多様化を明らかにした。

(2) 熱帯サンゴ礁域に生息するジデニム科ホヤ（脊索動物）に共生するクロロフィルbをもつ海洋シアノバクテリアは、単独培養に成功していないため、光合成研究はほとんど進んでいない。このシアノバクテリアの光合成色素間のエネルギー移動を解析するため、宿主動物に共生した状態（in hospite）での解析手段を構築して、解析を行った。また、同様にクロロフィルbをもち、単独培養可能な汽水性シアノバクテリアとの比較検討も行い、ホヤ共生シアノバクテリアがもつ光合成色素系のエネルギー移動過程の詳細を明らかにした。



(3) 赤いフィコエリスリンを豊富にもち、鮮やかな赤色を呈する海洋シアノバクテリアは主に海洋の有光層の中層付近に生育する。このシアノバクテリアのフィコエリスリンからフィコシアニン、クロロフィルaへのエネルギー移動過程とその効率を、類似の色素組成をもつ沿岸性シアノバクテリアや単細胞紅藻と比較検討の上、明らかにした。

(4) 海洋の有光層限界領域に生息し、特殊なクロロフィルであるジビニル型クロロフィルaおよびジビニル型クロロフィルbをもつシアノバクテリアについて、クロロフィル間およびカロテノイド-クロロフィル間のエネルギー移動について、ジビニル型クロロフィルb含量が大きく異なる3系統株で比較することで、その過程や効率を明らかにした。

(5) 海産ピコシアノバクテリアの、脂質・脂肪酸組成、窒素栄養の輸送代謝系、ヘム合成代謝系など、光合成に関連する代謝系についても解析した。これらは、従来研究されていた淡水産モデルシアノバクテリアとは大きく異なっていることが明らかになった。

(6) なお、本研究で新たに単離したシアノバクテリアについては、無菌化や大量培養の目処がたったため、解析を継続している。

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18件)

1. Takaichi S, Yokoyama A, Mochimaru M,

Uchida H and Murakami A. Carotenogenesis diversification in phylogenetic lineages of Rhodophyta. *Journal of Phycology*, 査読有, 2016, vol. 52, 329-338

DOI: 10.1111/jpy.12411

2. Tanaka K, Iida S, Takaichi S, Mimuro M, Murakami A and Akimoto S, Excitation relaxation dynamics and energy transfer in pigment-protein complexes of a dinoflagellate revealed by ultrafast fluorescence spectroscopy. *Photosynthesis Research*, 査読有, 2016, (in press)

DOI: 10.1007/s11120-016-0238-x

3. Hamada F, Murakami A and Akimoto S. Comparative analysis of ultrafast excitation energy-transfer pathways in three strains of divinyl chlorophyll a/b-containing cyanobacterium, *Prochlorococcus marinus*.

Journal of Physical Chemistry B, 査読有, vol. 119, 2015, pp. 15593-15600.

DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b10073

4. Shin-ichi Maeda, Akio Murakami, Hisashi Ito, Ayumi Tanaka, Tatsuo Omata. Functional characterization of the FNT family nitrite transporter of marine picocyanobacteria, *Life*, 査読有, vol. 5, 2015, pp. 432-446.

DOI: 10.3390/life5010432

5. Rio Yamanaka, Kaoru Nakamura, Masahiko Murakami, Akio Murakami. Selective synthesis of cinnamyl alcohol by cyanobacterial photobiocatalysts. *Tetrahedron Letters*, 査読有, vol. 56, 2015, pp. 1089-1091.

DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.01.092

6. Hirose Euichi, Hirose Mamiko, Shy Jhy-Yun, *Diplosoma gumavirens* (Ascidacea, Didemnidae): The first record of photosymbiotic ascidians in the Taiwan Strait, *Marine Biodiversity Records*, 査読有, 8(e128), 2015, pp.1-6.

DOI: 10.1017/S1755267215000330

7. 秋本 誠志、輒 達也、クロロフィルの光エネルギー捕集にみられる多様性、光合成研究、査読有、vol. 25、2015、pp.36-41.

8. 秋本 誠志、生命科学を理解するための蛍光の基礎II (時間分解蛍光と異方性)、分光研究、査読有、vol.63、2014、pp.73-81.

9. 村上 明男、電子授受反応を主導する光合成色素、*生物工学会誌*、査読有、vol.91、2013、pp.376-380.

10. Takaichi S, Mochimaru M, Uchida H, Murakami A, Hirose E, Maoka T, Tsuchiya T and Mimuro M. Opposite chirality of α -carotene in unusual cyanobacteria with unique chlorophylls, *Acaryochloris* and *Prochlorococcus*. *Plant and Cell Physiology*, 査読有, vol.53, 2012, pp.1881-1888.

DOI: 10.1093/pcp/pcs126

11. Hamada F, Yokono M, Hirose E, Murakami A, Akimoto S. Excitation energy relaxation in a symbiotic cyanobacterium, *Prochloron didemni*, occurring in coral-reef ascidians, and in a free-living cyanobacterium, *Prochlorothrix hollandica*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 査読有, vol. 1817, 2012, pp. 1992-1997. doi:10.1016/j.bbabi.2012.06.008
12. Takaichi S, Murakami A, Mochimaru M and Yokoyama A, α -Carotene and its derivatives have a sole chirality in phototrophic organisms? *Acta Biochimica Polonica*, 査読有, vol. 59, 2012, pp.159-161.
13. Yokono M, Uchida H, Suzawa Y, Akimoto S, Murakami A. Stabilization and modulation of the phycobilisome by calcium in the calciphilic freshwater red alga *Bangia atropurpurea*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 査読有, vol. 1817, 2012, pp. 306-311. DOI:10.1016/j.bbabi.2011.11.002
14. 村上 明男, 色素がとりもつ光と海の生物, *生物工学会誌*, 査読無, vol. 90, 2012, pp.264-265
15. Yamanaka R, Nakamura K, Murakami A. Reduction of exogenous ketones depends upon NADPH generated photosynthetically in cells of the cyanobacterium *Synechococcus* PCC 7942. *AMB Express*, 査読有, vol. 1, 2011, pp. 24 DOI:10.1186/2191-0855-1-24
16. Yokono M, Murakami A, Akimoto S. Excitation energy transfer between photosystem II and photosystem I in red algae: Larger amounts of phycobilisome enhance spillover. *Biochimica et Biophysica Acta*, 査読有, vol.1807, 2011, pp. 847-853. DOI:10.1016/j.bbabi.2011.03.014
17. Mimuro M, Murakami A, Tomo T, Tsuchiya T, Watabe K, Yokono M, Akimoto S. Molecular environments of divinyl chlorophylls in *Prochlorococcus* and *Synechocystis*: Differences in fluorescence properties with chlorophyll replacement. *Biochimica et Biophysica Acta*, 査読有, vol.1807, 2011, pp.471-481 doi:10.1016/j.bbabi.2011.02.011
18. Hirose Y and Murakami A. Microscopic anatomy and pigment characterization of coral-encrusting black sponge with cyanobacterial symbiont, *Terpios hoshinota*. *Zoological Science*, 査読有, vol. 28, 2011, pp.199-205 DOI: 10.2108/zsj.28.199

[学会発表] (計 3 5 件)

1. 秋本 誠志・三室 守・村上 明男「ケトカロテノイドを有する色素タンパク質複合体における超高速エネルギー移動」第57回日本植物生理学会年会、2016.3.18-20、岩手大学上田キャンパス (岩手県)
2. Fumiya Hamada, Akio Murakami, Seiji Akimoto. Ultrafast excitation energy transfer

- pathways in divinyl chlorophyll *a/b*-containing cyanobacterium, *Prochlorococcus marinus*. 第57回日本植物生理学会年会、2016.3.18-20、岩手大学上田キャンパス (岩手県)
3. 和田 元・齊藤 勝和・遠藤 嘉一郎・小林 康一・渡辺 麻衣・池内 昌彦・村上 明男・村田紀夫「新しいタイプの脂質分子種を合成するシアノバクテリア」藍藻の分子生物学 2015、2015.11.16-17、かずさアカデミアホール (千葉県)
4. Seiji Akimoto, Mamoru Mimuro, Akio Murakami “Excitation relaxation dynamics and energy transfer in pigment-protein complexes containing keto-carotenoids” 6th International Conference “Photosynthesis Research for Sustainability – 2015”, 2015.9.21-26, Crete (Greece)
5. Shinichi Takaichi, Mari Mochimaru, Hiroko Uchida, Akio Murakami, Euichi Hirose “Opposite chirality of α -carotene in unusual cyanobacteria with unique chlorophylls, *Acaryochloris* and *Prochlorococcus*” 15th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes: ISPP2015, 2015.8-6.Tübingen (Germany)
6. 西坂 理沙・馬渡 一論・常富 愛香里・後藤 茉凜・上番増 明子・下畑 隆明・上番 増喬・榎本 崇宏・芥川 正武・木内 陽介・金本 優杞・村上 明男・高橋 章「近紫外線(ultraviolet-A)照射によるシアノバクテリア増殖抑制効果の解明」2015.8.2、第251回徳島医学会学術集会、徳島大学 (徳島県)
7. Makio Yokono, Atsushi Takabayashi, Ayumi Tanaka, Akio Murakami, Seiji Akimoto “Interspecies distribution of PSI-PSII megacomplex may relate to quenching ability of PSI” Photosynthesis (GRS) Gordon Research Seminar “Beyond Steady-State Photosynthesis: Emerging Model Organisms and Technologies” 2015.7. 27-28, Bentley University, Waltham, MA (USA)
8. 浜田 文哉・村上 明男・秋本 誠志「超高速時間分解蛍光分光法によるシアノバクテリア *Prochlorococcus* における光捕集機能の解明」第23回「光合成セミナー2015：反応中心と色素系の多様性」龍谷大学大宮キャンパス、京都、2015.7.11-12、龍谷大学大宮キャンパス (京都府)
9. 高市 真一・横山 亜紀子・内田 博子・村上 明男・持丸 真里、「紅色植物門の系統分類とカロテノイド生合成経路の多様性」、第56回日本植物生理学会、2015.3.-16-18 東京農業大学世田谷キャンパス (東京都)
10. 西坂 理沙・馬渡 一論・常富 愛香里・山下 智子・中橋 睦美・下畑 隆明・上番 増喬・榎本 崇宏・芥川 正武・木内 陽介・村上 明男・高橋 章、「近紫外発光ダイオード (UVA-LED) による微細藻類不活化効果の検討」、日本生体医工学会・第37回中国四国支部会、2014.10.4、岡山大学 (岡山県)

11. 高市 真一・横山 亜紀子・内田 博子・村上 明男・持丸 真里、「紅色植物門の系統分類とカロテノイド生合成経路の多様性」、日本植物学会第 78 回大会、2014.9.12-14、明治大学・生田キャンパス（神奈川県）
12. Ryota Kohata, Yuuki Akiyama, Akio Murakami, Yuichi Fujita, Hisashi Ito, Ayumi Tanaka and Ryoichi Tanaka. “Mosaic distribution of the genes encoding tetrapyrrole biosynthesizing enzymes in bacteria”, International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP 8), 2014.7.22-27, Istanbul (Turkey)
13. Rio Yamanaka, Kaoru Nakayama, Masahiko Murakami and Akio Murakami. “Highly selective synthesis of cinnamyl alcohol by cyanobacteria as photobiocatalysts”, Biocatalysis, Gordon Research Conference, Changing Paradigms in Catalysis, 2014.7.6-11, Bryant University, Smithfield, RI (USA)
14. 木幡 亮哉・村上 明男・藤田 祐一・伊藤 寿・田中 歩・田中 亮一「ラン藻における Protoporphyrinogen IX oxidase 遺伝子の多様性」第 55 回日本植物生理学会年会、2014.3.18-20、富山大学（富山県）
15. 高下 友基・村上 明男・秋本 誠志「"赤い"ラン藻における励起エネルギー移動過程の観測」神戸大若手フロンティア研究会 2013. 2013.12.25 神戸大（兵庫県）
16. Yuki Koge, Akio Murakami, Seiji Akimoto. “Excitation energy transfer in cyanobacteria containing phycoerythrin (フィコエリスリンを有するラン藻における励起エネルギー移動)”第 51 回日本生物物理学会年会、2013.10.28-30 国立京都国際会館（京都府）
17. 高市 真一・横山 亜紀子・村上 明男「紅藻の系統分類とカロテノイド合成系」第 27 回カロテノイド研究談話会、2013.10.19-20、三重大学（三重県）
18. Shinichi Takaichi, Hiroko Uchida, Euichi Hirose, Mari Mochimaru, Akio Murakami. “Carotenoid composition including α -carotene of unusual cyanobacteria with unique chlorophylls: *Acaryochloris* (Chl *a/d*), *Prochlorococcus* (DV-Chl *a/b*), *Prochlorothrix* (Chl *a/b*) and *Prochloron* (Chl *a/b*)” The 16th International Congress on Photosynthesis Research. 2013.8.11-16, St. Louis, MO, (USA)
19. 高市 真一・横山 亜紀子・持丸 真里・内田 博子・村上 明男「フィコビルリンをもつ真核藻類のカロテノイド組成と生合成：Carotenoids and their synthesis in algae containing phycobilins」第 54 回日本植物生理学会年会、2013.3.21-23、岡山大学（岡山県）
20. 赤塚 涼佑・高根 正之・海老原 充・村上 明男・井上 和仁・関口 俊男・鈴木 信雄・服部 淳彦「シアノバクテリアにおけるメラトニンの同定」第 37 回日本比較内分泌学会大会、2012.11.29-12.1、福井大学（福井県）
21. 村上 明男「光合成色素が主導する光誘起電子授受反応」 in シンポジウム“日本から発信する、エネルギー革新省エネ型炭素固定と e-バイオの融合”、第 64 回日本生物工学会大会、012.10.23-26、神戸国際会議場（兵庫県）
22. 高市 真一・内田 博子・村上 明男・広瀬 裕一・土屋 徹・持丸 真里・横山 亜紀子「特殊なクロロフィルを持つシアノバクテリアのカロテノイド」日本植物学会大会、2012.9.15-17、兵庫県立大学姫路（兵庫県）
23. 高市 真一・内田 博子・村上 明男・広瀬 裕一・土屋 徹・持丸 真里・横山 亜紀子「特異なクロロフィルをもつシアノバクテリアにおけるカロテノイド」第 26 回カロテノイド研究談話会、2012.9.13-14、函館国際ホテル（北海道）
24. Takaichi S, Uchida H, Murakami A, Hirose E, Mochimaru M, Tsuchiya T and Mimuro M. α -Carotene found only in unusual chlorophyll-containing cyanobacteria, *Acaryochloris* and *Prochlorococcus*, among Prokaryotes. 14th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes. 2012.8.5-10, Porto (Portugal)
25. Hamada F, Yokono M, Hirose E, Murakami A, Akimoto S. Energy transfer in a symbiotic cyanobacterium, *Prochloron*, probed by in hospite spectroscopic measurements. 14th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes. 2012.8.5-10, Porto (Portugal)
26. 村上 明男「ラン藻ー光合成システムとその機能、調節、多様性」第 4 回 高資源循環ポリマーセンターシンポジウム（第 2 回サクラン研究会）2012.3.13-14、JAIST 品川キャンパス（東京都）
27. 高市 真一・内田 博子・村上 明男・広瀬 裕一・持丸 真里・土屋 徹・三室 守「シアノバクテリアの α -カロテン：分布と立体異性 α -Carotene from cyanobacteria: distribution and stereochemistry」第 53 回日本植物生理学会年会、2012.3.16-18、京都産業大学（京都府）
28. 浜田 文哉・横野 牧生・広瀬 裕一・村上 明男・秋本 誠志「種々のホヤ中における藍藻 *Prochloron* の励起緩和ダイナミクス」第 5 回分子科学討論会、2011.9.20-23、札幌コンベンションセンター（北海道）
29. 村上 明男・内田 博子・広瀬 裕一・浜田 文哉・秋本 誠志「海洋ラン藻におけるクロロフィル *b* : *Prochlorococcus* と *Prochloron*」植物学会第 75 回大会、2011.9.17-19、東京大学（東京都）
30. 高市 真一・持丸 真里・土屋 徹・内田 博子・村上 明男・三室 守「シアノバクテリア *Acaryochloris* の α -カロテン：例外的な立体異性」第 25 回カロテノイド研究談話会、2011.9.13-14、つくば国際会議場（茨城県）
31. Takaichi S, Murakami A and Mochimaru M: α -Carotene and its derivatives have a sole chirality in phototrophic organisms? 16th

International Symposium on carotenoids,
2011.7.17-22、Krakow (Poland)
32. 浜田 文哉・横野 牧生・広瀬 裕一・村上
明男・秋本誠志「シアノバクテリア *Prochloron*
における励起エネルギー移動」第 19 回光合
成の色素系と反応中心に関するセミナー。
2011.7.9-10、大阪大学 (大阪府)
33. 内田 博子・広瀬 裕一・三室 守・村
上 明男「クロロフィル *b* をもつラン藻
Prochloron と *Prochlorococcus* の扱い」第 19
回光合成の色素系と反応中心に関するセミ
ナー。2011.7.9-10、大阪大学 (大阪府)
34. 秋本 誠志・横野 牧生・村上 明男・
鞆 達也・土屋 徹・渡部 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。2011.7.9-10、大阪大学 (大
阪府)
35. 高市 真一・持丸 真理・土屋 徹・内
田 博子・村上 明男・三室 守「酸素発生
光合成生物の α -カロテン: *Acaryochloris* の例
外的な立体構造」第 19 回光合成の色素系と
反応中心に関するセミナー。2011.7.9-10、大
阪大学 (大阪府)

〔図書〕 (計 7 件)

- 村上 明男、丸善出版、植物学の百科事典、
2016、800 (藍藻、印刷中)
ISBN-10: 4621300385
- 村上 明男、朝倉書店、光と生命の事典 (藻
類の光合成色素、補色順化)、2016、422 (藻
類の光合成色素、口絵 6、pp.82-83)
ISBN-10: 4254171617
- 秋本 誠志、化学同人、光合成のエネルギ
ー変換と物質変換 (カロテノイド色素とキノ
ン)、2015、288 (pp.148-155)
ISBN-10: 4759817204
- 秋本 誠志、朝倉書店、発光の事典 (解
析方法)、2015、771 (pp.143-148)
ISBN-10: 4254102623
- 秋本 誠志、朝倉書店、光化学の事典 (葉
緑体、光化学系 I、光化学系 II)、2014、418
(pp. 322-327)
ISBN-10: 4254140967
- Takaichi S, Murakami A, Mochimaru M.
Zhejiang University Press, Hangzhou and
Springer-Verlag Berlin Heidelberg、All of
 α -carotene and its derivatives have a sole
chirality? in "Photosynthesis Research for Food,
Fuel and Future: 15th International Conference
on Photosynthesis、2013、845 (p.135-138)
ISBN-10: 978-3-642-32033-0
- 村上 明男、エヌ・ティー・エス、藻類ハ
ンドブック (フィコビルン)、2012、788
(pp.38-242) ISBN-10: 4864690022

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

村上 明男、日本光合成学会、光合成事典
(Web 版) 編修委員・分担執筆、(2015 年 4
月公開)

URL:<http://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E5%85%89%E5%90%88%E6%88%90%E4%BA%8B%E5%85%B8>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 明男 (MURAKAMI, Akio)
神戸大学・内海環境教育研究センター・
准教授
研究者番号：50304134

(2) 研究分担者

広瀬 裕一 (HIROSE, Euichi)
琉球大学・理学部・教授
研究者番号：30241772
秋本 誠志 (AKIMOTO, Seiji)
神戸大学・分子フォトサイエンス研究セン
ター・准教授
研究者番号：40250477

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(3) 研究強力者

横野 牧生 (YOKONO, Makio)
北海道大学・低温科学研究所
高市 真一 (TAKAICHI, Shinichi)
日本医科大学
山中 理央 (YAMANAKA, Rio)
姫路獨協大学・薬学部
内田 博子 (UCHIDA, Hiroko)
神戸大学・内海環境教育研究センター
浜田 文哉 (HAMDA, Fumiya)
神戸大学大学院・理学研究科