

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	光合成機能の統括制御へ向けた革新的技術基盤
研究機関・ 部局・職名	基礎生物学研究所・環境光生物学研究部門・教授
氏名	皆川 純

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	133,000,000	133,000,000	0	133,000,000	133,000,000	0	0
間接経費	39,900,000	39,900,000	0	39,900,000	39,900,000	0	0
合計	172,900,000	172,900,000	0	172,900,000	172,900,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	417,375	31,789,841	39,097,607	28,059,057	99,363,880
旅費	0	1,103,563	2,077,129	316,260	3,496,952
謝金・人件費等	0	6,382,456	8,778,903	11,024,703	26,186,062
その他	0	611,881	990,352	2,350,873	3,953,106
直接経費計	417,375	39,887,741	50,943,991	41,750,893	133,000,000
間接経費計	0	0	11,860,987	28,039,013	39,900,000
合計	417,375	39,887,741	62,804,978	69,789,906	172,900,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
クロマトチャンバー	日本フリーザー製・MC-30EF3	1	882,000	882,000	2011/5/19	基礎生物学研究所
水槽	ASM社・1200x600x600	1	937,650	937,650	2011/8/8	基礎生物学研究所
倒立顕微鏡ユニット	オリンパス・DP72	1	3,027,150	3,027,150	2011/9/28	基礎生物学研究所
高速液体クロマトグラフ	Waters社・UPLC H-Class	1	6,300,000	6,300,000	2011/11/24	基礎生物学研究所
光合成用蛍光分析機	PSI・FlourCam FC800/1010	1	2,381,582	2,381,582	2011/11/28	基礎生物学研究所
顕微鏡	PSI・FlourCam	1	2,673,510	2,673,510	2011/12/14	基礎生物学研究所
フローサイトメーター	Life Technology社・Attune システム	1	7,875,000	7,875,000	2012/3/28	基礎生物学研究所
超低温フリーザー	SANYO・MDF-U384	1	1,290,000	1,290,000	2012/5/29	基礎生物学研究所
実体顕微鏡システム	ライカ・M80	1	655,095	655,095	2012/8/22	基礎生物学研究所
実体顕微鏡システム	ライカ・M165C	1	1,988,490	1,988,490	2012/9/13	基礎生物学研究所
共焦点顕微鏡システム	ライカ・SP8	1	25,830,000	25,830,000	2013/2/19	基礎生物学研究所
藻類培養用リアクター	PSI・FMT150/1000	1	4,400,186	4,400,186	2013/3/11	基礎生物学研究所

様式20

実験台	オカムラ・Riforma	1	1,226,662	1,226,662	2013/5/21	基礎生物学研究所
実験台	オカムラ・Riforma	1	1,226,663	1,226,663	2013/5/21	基礎生物学研究所
紫外可視分光器 一式	日本分光・V-650	1	1,999,200	1,999,200	2013/6/25	基礎生物学研究所
微量高速遠心機 一式	日立工機・CF16RN II	1	970,200	970,200	2013/6/26	基礎生物学研究所
(消耗品)遠心機用ロータ	日立工機・P40S	1	2,222,325	2,222,325	2013/7/10	基礎生物学研究所
微小流路装置	Cellasic・ONIX	1	2,213,400	2,213,400	2013/8/28	基礎生物学研究所
蛍光光度計	Walz社・monitoring-PAM	1	3,307,500	3,307,500	2013/9/9	基礎生物学研究所
バイオリアクタ 一式	Phenometrics・ePBR	1	2,686,526	2,686,526	2013/11/11	基礎生物学研究所
波長可変光源 一式	浜松ホニクス・L12194-00-39070	1	2,034,900	2,034,900	2014/1/17	基礎生物学研究所
遠心機用ロータ	日立工機・P40ST	1	2,091,600	2,091,600	2014/2/26	基礎生物学研究所
遠心機用ロータ	日立工機・P28S	1	1,974,000	1,974,000	2014/2/26	基礎生物学研究所
クライオスタット 一式	JANIS・VNF-100	1	2,738,400	2,738,400	2014/3/24	基礎生物学研究所

5. 研究成果の概要

従来と比べ飛躍的に高活性で無傷な光化学系II超複合体の精製法を確立し、緑藻の強光適応の実体がLHCSR3の結合によるエネルギー散逸であることを明らかにした。強光から光合成系を護る仕組みを物質的に捉えたのは初めてである。さらに、光色への適応時にチラコイド膜の高次構造変化が起こり、LHCの移動よりも質変化が起きることを示した。また、LHCSR3の細胞内発現が光やCO₂を環境シグナルとして、Ca²⁺を介して行われる仕組みを明らかにした。本研究により光合成系が環境変化によってダイナミックに調節される際の仕組みの概要が判明したため、今後は各制御段階の人為的改変への応用が期待される。

課題番号	GS026
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
研究成果報告書**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	光合成機能の統括制御へ向けた革新的技術基盤
	Innovative technical basis for the integrated control of photosynthetic functions
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	基礎生物学研究所・環境光生物学研究部門・教授
	National Institute for Basic Biology, Division of Molecular and Cell Biology, Professor
氏名 (下段英語表記)	皆川 純
	Minagawa, Jun

研究成果の概要

(和文):

光化学系が集める光の量と固定すべき CO₂ 量のバランスが崩れ入力過多になると、集光 LHC タンパク質の一種、LHCSR の発現が誘導された。この誘導シグナルは、光受容体を介したシグナル伝達系および細胞内 Ca²⁺濃度による調節も受けていた。発現した LHCSR はチラコイド膜ルーメン酸性化に伴い、光化学系 II 超複合体をエネルギー散逸状態にし、光化学系 II 超複合体全体を保護していた。ステート遷移においては、チラコイド膜の高次構造の解析などから、LHC の移動よりも質変化による効果が大きいことがわかり新しいモデルを提唱した。本研究により光合成系環境適応の主要部分が明らかとなり、今後は各段階の人為的改変への応用が期待される。

(英文):

Plants and green algae have developed protective non-photochemical quenching (NPQ) mechanisms that alleviate photooxidative stress. The expression of LHCSR3, an ancient light-harvesting protein responsible for NPQ in green algae, is induced under high light as well as low CO₂ conditions. This induction is regulated by intracellular [Ca²⁺] as well as a cue from a

photoreceptor. Once expressed, LHCSR3 is associated with the PSII supercomplex, turning it into an energy-quenching state. For state transitions, a large part of the phosphorylated LHCIIs were determined not migrating toward PSI but forming energetically quenched complexes with PSII based on several in vivo experiments. The essential part of the photoacclimation mechanisms were clarified in this study, opening the ways to future engineering of each regulatory steps.

1. 執行金額 172,900,000 円
(うち、直接経費 133,000,000 円、間接経費 39,900,000 円)
2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

過去数年、私たちが中心となり『遊動型集光アンテナサブユニットの同定(PNAS 103:477,2006)』、『光化学系2のリモデリング(Plant Cell 20:2177,2008)』等、光合成系の短期環境応答反応であるステート遷移について、動的リモデリングという新しい視点に基づく重要な発見を行い、世界的に注目を集めている。また、ステート遷移時の移動中のアンテナサブユニットは、凝集し、エネルギーのクエンチング状態と化していた(PNAS 107:2337, 2010)ことから、ステート遷移とエネルギー消去(NPQ)が互いに関係しているが示唆された。また、葉緑体チラコイド膜上の電子伝達からは、平時に稼働していたリニア電子伝達系が、ステート遷移の進行に伴い、ATP 欠乏時等に必要とされるサイクリック電子伝達系(CEF)へと切り替わることがわかった。ステート遷移後のチラコイド膜からは、実際に、それまで長い間“謎”とされていた CEF が行われる実体 (CEF 超複合体) が見つかった(Nature, 464:1210, 2010)ため、ステート遷移とサイクリック電子伝達(CEF)が互いに関係していることが示唆された。つまり、ステート遷移や NPQ や CEF は、ばらばらの光合成制御機構ではなく、より高いレベルの制御機構が存在すると考えられる。本研究は、特に Ca^{2+} に注目し、こうしたより高いレベルの光合成機能統括制御の解明を目指す。本研究の結果、植物資源の管理(地球温暖化が植物資源へ与える影響の予測等)や、新しい植物資源のデザイン(細胞内光合成エネルギーをバイオ燃料生産や水素生産へ振り分ける等)などの分野において革新的な技術基盤となり、グリーン・イノベーションが推進されると期待される。研究材料としては単細胞藻類緑藻クラミドモナスを用いる。微細藻類は、光エネルギーを水素発生やバイオ燃料生産に振り分ける高い潜在能力を持ち、クラミドモナスは研究材料としての特質にすぐれるためである。

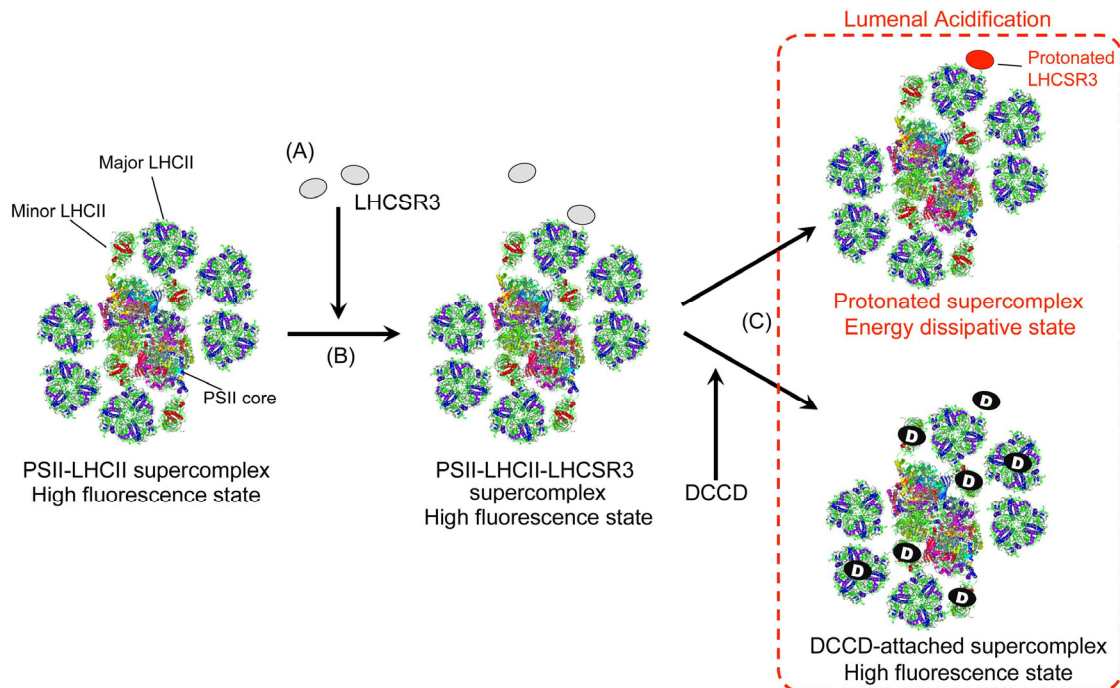
4. 研究計画・方法

(1). NPQ 行う光化学系 II 超複合体の同定

従来、トリデシルマルトシドや β ドデシルマルトシドを界面活性剤として用いて PSII-LHCII 超複合体を精製すると、活性低下や LHC サブユニット脱落の問題が発生していたため、まず α ドデシルマルトシドを用いたより無傷の PSII-LHCII 超複合体の精製法を確立した。新しい PSII-LHCII 超複合体は、従来法で得られた PSII-LHCII 超複合体と異なり、3つの OEC タンパク質を完全に結合しており、高い活性を保持していた。また、新しい超複合体は PSII 反応中心の両側にそれぞれ3つの LHCII 三量体が結合していることを単粒子解析により明らかにした。この新しい PSII-LHCII 超複合体を、強光条件に曝露したクラミ

様式21

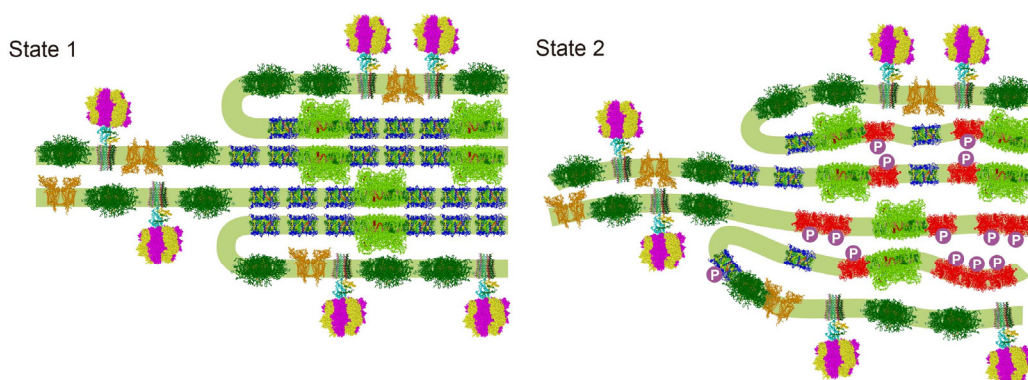
ドモナス細胞から調製したところ、新奇 LHC 様タンパク質 LHCSR が含まれていた。通常 PSII 超複合体の蛍光寿命は 2.6 ナノ秒であるのに対し、LHCSR を結合した PSII 超複合体では 1.8 ナノ秒とエネルギー消去が見られた。アミノ酸修飾剤による解析から、ルーメン酸性化によって LHCSR の活性化が起きエネルギー消去が起こることがわかった。



(2). 生細胞におけるステート遷移と NPQ の解析

反応がまさに進行している生細胞を用いてステート遷移の解析を行った。ステート遷移の進行に伴い特徴的なチラコイド膜の Bragg ピークが消失することが中性子小角散乱の解析より判明したため、ステート 2 ではチラコイド膜の 200Å 間隔の規則的重なりが失われていることがわかった。また、PSII 超複合体に結合する LHCII 数は不変であり全体構造もステート遷移の前後でほぼ保存されるにもかかわらず、その集光能力が大きく低下することが円偏光分光解析より明らかになった。これらの結果および同状態のチラコイド膜の生化学解析から、ステート遷移は従来考えられていたような「単純な光のアンテナの移動」ではなく、「リン酸化による光のアンテナの質的变化（下図で赤で示す）」によるものであることがわかった（下図）。また、ステート遷移変異株 *stt7*, NPQ 変異株 *npq4* などを用いた詳細な蛍光解析より、緑藻は、LHCSR の発現まではステート遷移、LHCSR 発現後はステート遷移と LHCSR の両方を発動させていることがわかった。

様式21



(3). Ca^{2+} , 青色光, そして光合成電子伝達による NPQ 誘導機構の全容解明

Lhcsr3 遺伝子は強光条件で発現することが知られているので, まず 350~750nm の各単波長を細胞に照射し LHCSR3 発現作用スペクトルを測定した. その結果青色光受容体の関与が示唆されたため, 青色光受容体欠失変異株を用いた測定もを行い, 青色光受容体の関与を証明した. また, 光化学系 II 阻害剤の効果や光強度の影響を検討した結果, LHCSR3 発現は光強度よりも, より正確には光合成電子伝達量に依存することがわかった. さらに, カルモジュリン阻害剤の影響を検討した結果, これまで作用点が明らかでなかった $[\text{Ca}^{2+}]$ がこの経路に関与することがわかった. クラミドモナスは 3 種の LHCSR タンパク質遺伝子 (Lhcsr3.1, 3.2, Lhcsr1) を保持しているが, Lhcsr3.1/3.2 の転写においては, 光合成電子伝達量および Ca^{2+} による制御が行われている一方, Lhcsr1 におけるこれらの制御は小さいものであることもわかった. それぞれのプロモータ領域の塩基配列を解析した結果, Lhcsr3.1 は従来判明している環境因子に加え, 低 CO_2 濃度により活性化されることがわかった.

5. 研究成果・波及効果

光化学系が集める光の量と固定すべき CO_2 量のバランスが崩れエネルギー入力過剰状態になると, その崩れたバランスに従い, まず集光タンパク質の一種である LHCSR3 の発現が誘導される (PCP, in press). この誘導シグナルは青色光受容体を介したシグナル伝達系, また細胞内 Ca^{2+} に依存するカルモジュリンの活性により調節を受けることがわかった (未発表). さらに, 発現した LHCSR が PSII 超複合体に結合し, 強光によるチラコイド膜ルーメンの酸性化により活性化されることで, 超複合体全体をエネルギー散逸状態に変えることを蛍光寿命の減少を単光子解析することによってつきとめ, 強光から光合成系を護る仕組みを初めて直接とらえることに成功した (PNAS 2013). このエネルギー散逸状態については, 従来比 4 倍の活性を持つ無傷な光化学系 II 超複合体の単離法を確立した点が重要であった (JBC 2012). また, 光色への適応 (ステート遷移) については, 中性子線を使うなどしてチラコイド膜の高次構造変化を生細胞で解析し, 従来言われていた集光タンパク質の移動よりも集光タンパク質自体の質変化の効果が大きいことを見出し, 新しいモデルを提出した (PNAS 2014). 本研究により, 植物や藻類が受ける主要な環境ストレスである光ストレスに対し, 光合成系をダイナミックに調節して順化する仕組み (Plant Cell 2013) の主要部分が明らかとなった. 上記研究成果は光合成機能統括制御への道をひらき, 植物資源の管理 (地球温暖化が植物資源へ与える影響の予測, 屋外池等の従来想定していない環境での生育管理など) や, 新しい植物資源のデザイン (いかに太陽光エネルギーの植物内固定率を向上させバイオ燃料生産へ振り分けるか等) の面において, グリーン・イノベーション を推進する技術の基盤となるものである. より長期的には, 地球温暖化が植物資源にどう影響を与えるのか, 特に, 海洋性植物プランクトンの生理生態 (これは海洋一次生産者として食物連鎖の底辺を支える意味において, とくに重要である. また, 地球上の固定量の 1/2

様式21

を支える巨大な CO₂ シンクであるため気候変動にも大きな影響を持つ) の解明を促進し、地球規模での制約となっている環境問題、エネルギー問題の問題解決へ波及効果をもたらすものと期待される。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 12 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 5 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. *Minagawa, J. Dynamic reorganization of photosynthetic supercomplexes during environmental acclimation of photosynthesis. <i>Front. Plant Sci.</i> 4 (513) doi: 10.3389/fpls.2013.00513, 2013. 2. Tokutsu, R. and *Minagawa, J. Energy-dissipative supercomplex of photosystem II associated with LHCSR3 in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>. <i>Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.</i> 110: 10016–10021, 2013. 3. Allorent, G., Tokutsu, R., Roach, T., Peers, P., Cardol, P., Girard-Bascou, J., Seigneurin-Berny, D., Petroustos, D., Kuntz, M., Breyton, C., Franck, F., Wollman, F. A., Niyogi, K. K., Krieger-Liszkay, A., *Minagawa, J., and *Finazzi, G. A dual strategy to cope with high light in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>. <i>Plant Cell</i> 25: 545–557, 2013. 4. Tokutsu, R., Kato, N., Bui, K. H., Ishikawa, T., and *Minagawa, J. Revisiting the supramolecular organization of photosystem II in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>. <i>J. Biol. Chem.</i> 287: 31574–31581, 2012. 5. *Minagawa, J. State transitions – The molecular remodeling of photosynthetic supercomplexes that controls energy flow in the chloroplast. <i>Biochim. Biophys. Acta</i>, 1807: 897–905, 2011. <p>(掲載済み一査読無し) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. 岩井優和, *皆川純 「これからのバイオイメージング技術-3 蛍光寿命イメージングを光合成研究に応用する」 <i>化学と生物</i> 49: 704–710, 2011. <p>(未掲載) 計 6 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Nagy, G., Ünneper, R., Zsiros, O., Tokutsu, R., Takizawa, K., Porcar, L., Moyet, L., Petroustos, D., *Garab, G., *Finazzi, G., *Minagawa, J. Chloroplast remodeling during state transitions in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> as revealed by non-invasive techniques in vivo. <i>Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.</i> (2014.4) in press. 8. *皆川純, 太郎田博之 微細緑藻の高密度化へ向けた光合成能力増強技術. <i>BIOINDUSTRY</i> (2014.4) in press. 9. *Shibata, Y., Katoh, W., Chiba, T., Namie, K., Ohnishi, N., Minagawa, J., Nakanishi, H., Noguchi, T., Fukumura, H. Development of a novel cryogenic microscope with numerical aperture of 0.9 and its application to photosynthesis research. <i>Biochim. Biophys. Acta</i>-(2014.6) in press. 10. 得津隆太郎, *皆川純 「光合成における過剰光エネルギー消去のメカニズム」<i>パリティ</i> 29 (6): (2014.6) in press. 11. Maruyama, S., Tokutsu, R., *Minagawa, J. Transcriptional regulation of the stress-responsive light harvesting complex genes in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>. <i>Plant Cell Physiol.</i> (2014.7) in press. 12. Takahashi, H., Okamuro, A., Minagawa, J., *Takahashi, Y. Biochemical characterization of photosystem I associating light-harvesting complexes I and II isolated from State-2 cells of <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>. <i>Plant Cell Physiol.</i> (2014.7) in press. <p>*責任著者</p>
<p>会議発表 計 27 件</p>	<p>専門家向け 計 25 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 大西紀和, 鎌田このみ, 皆川純「緑藻クラミドモナスのステート遷移および qE の新奇変異株の単離」第 55 回日本植物生理学会年会(富山) 2014.03 2. Aihara, Y., Minagawa, J. “Distinct photoacclimation responses in the symbiotic dinoflagellate (<i>Symbiodinium</i>) species under environmental stresses. 第 55 回日本植物生理学会年会(富山) 2014.03 3. 山崎広頭, 皆川純「新種の海産性油脂産生緑藻を用いた変動外光環境における光合成能力の評価」第 55 回日本植物生理学会年会(富山) 2014.03

4.	小菅晃太郎, 得津隆太郎, Niyogi,K., 皆川純「強光適応に重要な LHCSR タンパク質の機能と役割」第 55 回日本植物生理学会年会(富山) 2014.03
5.	丸山真一郎, 皆川純, Archibald,J., Kim, E. 「最初の植物はどのように葉緑体を獲得したのか, それを我々はどのように知ることができるのか. 日本植物学会第 77 回大会(札幌)2013.09
6.	皆川純, 得津隆太郎「LHCSR3 を結合した光化学系 II 超複合体によるエネルギー散逸」日本植物学会第 77 回大会(札幌)2013.09
7.	皆川純「超複合体再編成による光合成環境適応」第 21 回 光合成セミナー(名古屋)2013.07
8.	Minagawa, J. “Energy dissipative supercomplex of photosystem II associated with LHCSR3 in <i>Chlamydomonas</i> ” Algal Biomass, Biofuels & Bioproducts 2013(トロント, カナダ) 2013.06
9.	皆川純 「葉緑体エネルギーのフロー制御を行う光合成超複合体」IGER セミナー(2012 年 6 月 14 日, 名古屋大学理学部主催・名古屋)
10.	皆川純 「光合成を司る超複合体 / 超・超複合体」蛋白質科学会大会シンポジウム(2012 年 6 月 21 日, 蛋白質科学会主催, 名古屋)
11.	皆川純 「The supramolecular organization of photosystem II in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> 」微生物生態学会シンポジウム(2012 年 9 月 20 日, 微生物生態学会主催, 豊橋)
12.	Minagawa, J. A supercomplex of supercomplexes that drives cyclic electron flow in photosynthesis University of Nebraska Special Seminar, 2012 年 9 月 26 日 ,ネブラスカ大学生物科学科主催, リンカーン, ネブラスカ, 米国).
13.	Minagawa, J. Supercomplex and super-supercomplexes in photosynthesis. University of California Department Seminar, 2012 年 9 月 27 日 , カリフォルニア大学植物微生物科学科主催, バークレー, カリフォルニア, 米国).
14.	Minagawa, J. Molecular basis for the photoacclimation of the photosynthetic machinery. Stanford University Department Seminar, 2012 年 9 月 28 日 ,スタンフォード大学遺伝学学科主催, パロアルト, カリフォルニア, 米国).
15.	Minagawa, J. A PSII-LHCII-LHCSR3 supercomplex engaged in high energy quenching in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> . 国際植物分子生物学会シンポジウム, 2012 年 10 月 23 日 , 国際植物分子生物学会主催, 済州島, 韓国).
16.	Minagawa, J. Supercomplexes and super-supercomplexes in photosynthesis. 分子科学研究所シンポジウム, 2012 年 10 月 26 日 , 分子科学研究所主催, 岡崎).
17.	Minagawa, J. Supercomplexes and super-supercomplexes in photosynthesis. The 4 th NIBB-MPIPZ-TTL symposium “Arabidopsis and emerging model systems”, 2012 年 11 月 11 日 , 基礎生物学研究所-マックスプランク研究所-テマセック技術研究所主催, 岡崎).
18.	皆川純 「藻類における光合成機能の解析と向上」第二回代謝工学研究部会シンポジウム(2012 年 11 月 28 日代謝工学研究部会主催 大阪)
19.	Minagawa, J. Supercomplexes in photosynthesis. (Commissariat à l’Energie Atomique, 28 th February, 2012, Grenoble, France.)
20.	Minagawa, J. A supercomplex of supercomplexes driving cyclic electron flow in photosynthesis. University of Otago, 13 rd October, 2011, Otago, New Zealand).
21.	皆川純 「A supercomplex of supercomplexes that drives cyclic electron flow in photosynthesis」名古屋大学グローバル COE「システム生命科学の展開:生命機能の設計」第 5 回リトリート Keep Our Scientific Interaction Alive ~科学で交流し続けよう~(2011 年 9 月 5-6 日 長浜)
22.	皆川純 「光合成ステート遷移における超複合体のリモデリング」名工大-自然科学研究機構合同講演会第二回講演会(2011 年 8 月 29 日 名古屋)
23.	Minagawa, J. A supercomplex of supercomplexes driving cyclic electron flow in photosynthesis. (International Conference: Photosynthesis Research for Sustainability. Baku, Azerbaijan, 24 th -30 th , July, 2011).
24.	Minagawa, J., “A supercomplex of supercomplexes driving cyclic electron flow in photosynthesis” JAPANESE-FINNISH Seminar 2011 “Future prospects of photosynthetic organisms: from genomes to environment” 2011 年 3 月 1 日~3 月 5 日, 岡山市, 岡山大学主催
25.	皆川純, “光化学系 I 超・超複合体によるサイクリック電子伝達” 阪大蛋白研セミナー「分子科学と生理学が解き明かす植物の光エネルギー変換の新展開」2011 年 3

	<p>月 9 日～3 月 10 日，大阪市，大阪大学主催</p> <p>一般向け 計 2 件</p> <p>26. 皆川純 「光合成のダイナミックな姿 最先端を少し紹介しよう. そして, 研究とは何か？」愛知県立岡崎高校 特別授業(2011 年 12 月 8 日 岡崎)</p> <p>27. 皆川純 「光合成機能の統括制御へ向けた革新的技術基盤」最先端研究開発支援プログラム FIRST シンポジウム「科学技術が拓く 2030 年」へのシナリオ(東京)2014.02-03.</p>
<p>図 書</p> <p>計 4 件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Johnson, G. N., Cardol, P., Minagawa, J., Finazzi, G. Regulation of electron transport in photosynthesis. In Plastid Biology (Theg, S., Wollman, F.-A., Eds.) Advances in Plant Biology Vol. 5, Springer, Dordrecht, (2014) in press. 2. Finazzi, G., Minagawa, J. High light acclimation in green microalgae. In Non-Photochemical Fluorescence Quenching and Energy Dissipation in Plants, Algae, and Cyanobacteria (Demmig-Adams B, Garab G, Adams WW III, Govindjee, Eds.) Advances in Photosynthesis and Respiration Vol.40, Springer, Dordrecht, (2014) in press. 3. 皆川純 「光合成の誕生」In “アストロバイオロジー 宇宙に生命の起源を求めて” 化学同人 (2013). 4. 皆川純 「光合成に見る地球の生命の絶妙さ」In “地球外生命9の論点” 講談社ブルーバックス (2012).
<p>産 業 財 産 権</p> <p>出 願 ・ 取 得 状 況</p> <p>計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 0 件</p>
<p>Web ページ</p> <p>(URL)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自然科学研究機構基礎生物学研究所環境光生物学研究部門 http://www.nibb.ac.jp/photo/ 2. プレスリリース「光合成反応調節のしくみ“ステート遷移”の解明」(2014 年 3 月 18 日) http://www.nibb.ac.jp/press/2014/03/18.html 3. プレスリリース「過剰な光エネルギーを消去する実体、光合成タンパク質超複合体を発見」(2013 年 5 月 28 日) http://www.nibb.ac.jp/press/2013/05/28.html 4. プレスリリース「緑藻は二重の強光馴化により光合成器官をまもっている」(2012 年 3 月 15 日) http://www.nibb.ac.jp/press/2013/03/15.html
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>YouTube に紹介ビデオを掲載した</p> <p>http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=cC92ldg_fks</p> <p>愛知県立岡崎高校へ出向き，特別授業を行った。（“光合成のダイナミックな姿—最先端を少し紹介しようそして，研究とは何か？”，平成23年12月8日，高校3年生，約200名，光合成の概説から始め，本研究で扱っている光合成の光環境適応機構についてまで解説した。また，研究者とは何か，研究生活とはどういうものかについて経験をもとに紹介した。）</p> <p>一般国民を対象とした，“最先端研究開発支援プログラム FIRST シンポジウム「科学技術が拓く 2030 年」へのシナリオ(早稲田総研イニシアチブ主催，東京・ベルサール新宿グランド，参加者 330 名) 2014.02.28-03.01”にて，本課題の成果について説明を行った。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載</p> <p>計 4 件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「NIBB、緑藻の光合成において過剰な光エネルギーを消去する仕組みを解明」マイナビ(web) 2013.5.29 2. 「NIBB、緑藻の光合成において過剰な光エネルギーを消去する仕組みを解明」Yahoo!JAPAN ニュース 2013.5.29 3. 「過剰光エネルギー緑藻が安全に消去」

様式21

	科学新聞 2013.6.21 6面 4. 「緑藻, 光合成を切り替え 基生研など解明 燃料増産に期待」 日経産業新聞 2013.3.19 10面
その他	

7. その他特記事項