

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18562

研究課題名(和文) 光合成アンテナ複合体における集光機能の起源

研究課題名(英文) The origin of light harvesting function in the photosynthetic antenna complex

研究代表者

丸山 真一郎 (Maruyama, Shinichiro)

東北大学・生命科学研究科・助教

研究者番号：50712296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：真核光合成生物は、効率よく光を集めて光合成を行うために集光アンテナ複合体(LHC)進化させてきた。LHCは、これまで主に緑色植物でのみ機能解析が行われてきたため、祖先葉緑体におけるLHCの機能は謎のままであった。

そこで、祖先的形質が多く残る紅藻でのLHC変異体の作成を試みたところ、全てのLHCを欠損した完全欠損変異体を作成することに成功した。また培養実験により、ある種の環境条件でのみ変異株の生育速度が野生株に比べ極端に低いことを示した。これらの結果は、葉緑体進化の過程で、生存に必須ではないが条件依存的に成長を促進する有利な形質として光合成アンテナが進化してきたことを示している。

研究成果の概要(英文)：Eukaryotic photosynthetic organisms have evolved light harvesting complex (LHC) as a device of efficient light capture for photosynthesis. Since the studies on LHC has been focused on the ones in green plants, function of LHC in ancestral chloroplasts has been elusive. In this study, we attempted to generate LHC mutants of a red alga, which still possesses ancestral characters of plants, and successfully obtained mutant lines lacking all the functional LHC genes in the genomes. In addition, we found that mutants showed significantly lower growth rates compared to wild type under a certain growth condition. These results indicate that eukaryotic photosynthetic antenna have evolved as a trait dispensable but conditionally advantageous for growth.

研究分野：共生進化学

キーワード：葉緑体 植物 進化 光合成 集光アンテナ LHC

過言ではない。本研究では、シゾンの LHC 遺伝子を全て欠損した株を遺伝子組換え技術により作成し、表現型を解析することで、紅藻系統における LHC の機能を逆遺伝学的に検証した。

4. 研究成果

祖先的形質が多く残る紅藻での LHC 変異体の作成を試みたところ、全ての LHC を欠損した完全欠損変異体を作成することに成功した。このことは、フィコビリソームと呼ばれる原核生物型のアンテナ因子を葉緑体内に保持している紅藻においては、LHC が生育に必須ではないことを示している。

そこで、どのような条件で LHC が生育に有利に働くかを調べるため、複数の培養条件を比較する実験を行ったところ、ある種の環境条件でのみ変異株の生育速度が野生株に比べ極端に低いことを示した。この効果は、LHC 遺伝子単独欠損株では有意に検出されなかったものの、全ての LHC 遺伝子を破壊した完全欠損株では顕著であった。このことは、シゾンが持つ 3 つの LHC は遺伝子重複により冗長的な機能を獲得したパラログであり、進化的に見れば、個々の遺伝子に変異が生じた場合でも致命的な欠損が起こらないようなバックアップとしての効能を持つと考えられる。

これらの結果は、葉緑体進化の過程で、生存に必須ではないが条件依存的に成長を促進する重要な形質として光合成アンテナが進化してきたことを示している。

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 3 件)

1) 丸山真一郎

「サンゴ共生藻における集光アンテナ複合体」光合成研究 2015 25(2) 100-105 (査読あり)

2) David V, Flegontov P, Gerasimov E, Tanifuji G, Hashimi H, Logacheva M, Maruyama S, Onodera NT, Gray MW, Archibald JM, Lukeš J. Gene loss and error-prone RNA editing in the mitochondrion of *Perkinsella*, an endosymbiotic kinetoplastid. MBio. 2015 6(6):e01498-15. doi:10.1128/mBio.01498-15 (査読あり)

3) Petroutsos D, Tokutsu R, Maruyama S, Flori S, Greiner A, Magneschi L, Cusant L, Kottke T, Mittag M, Hegemann P, Finazzi G and Minagawa J. (2016) A blue light photoreceptor mediates the feedback regulation of photosynthesis. Nature 2016, 537:563-566. doi:10.1038/nature19358 (査読あり)

[学会発表](計 8 件)

1) 丸山真一郎

「葉緑体の起源について」第 90 回 日本細菌学会総会 (2017 年 3 月 18 日~21 日、仙台国際センター、宮城県仙台市)(シンポジウム招待講演)

2) 丸山真一郎

「刺胞動物と渦鞭毛藻の共生系はどれくらい「植物的」か」日本植物学会第 80 回大会 (2016 年 9 月 16 日~19 日、沖縄コンベンションセンター、沖縄県宜野湾市)(シンポジウム口頭発表、オーガナイザー兼務)

3) Maruyama S, Suzuki-Ohno Y, Kawata M. The scope of the principle of parsimony in inferring the origins of evolutionary characters. The 13th International Colloquium on Endocytobiology and Symbiosis 'ICES 2016 Kyoto'. Kyoto Prefectural University. Kyoto, Japan. 2016. 9.10-14 (口頭発表)

4) 丸山真一郎、大野ゆかり、河田雅圭

「進化的形質の起源推定における最節約原理の有効性について」第 10 回生物学基礎論研究会 (2016 年 9 月 6 日~7 日、慶應義塾大学日吉キャンパス、神奈川県横浜市)(口頭発表)

5) Maruyama S, Aihara Y, Yamaguchi T, Yamaguchi K, Shigenobu S, Takahashi H, Kawata M, Ueno N, Minagawa J. Global shifts in gene expression profiles accompanied with environmental changes in cnidarian-dinoflagellate endosymbiosis. MOSCOW FORUM "PROTIST-2016" - Annual meeting of the International Society of Protistologists (ISOP) - 21st meeting of the International Society for Evolutionary Protistology (ISEP) - 1st

International Symposium on Soil Protistology - 5th Russian conference on the ecology of free-living protists in terrestrial and aquatic ecosystems. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. June 06 - 10, 2016. (口頭発表)

6) Maruyama S, Aihara Y, Yamaguchi T, Yamaguchi K, Shigenobu S, Takahashi H, Kawata M, Ueno N, Minagawa J. Transcriptomic responses to elevated temperature in cnidarian-dinoflagellate endosymbiosis. 2nd International Symposium 'Matryoshka-type Evolution of Eukaryotic Cells'. University of Tsukuba, Tsukuba, Japan. Sep 28 - Oct 2, 2015. (ポスター発表)

7) 丸山 真一朗
「共生オルガネラの単一起源説における節約原理の役割」第9回生物学基礎論研究会(2015年9月11日~12日、東京農業大学オホーツクキャンパス、北海道網走市)(口頭発表)

8) 丸山 真一朗、鎌田このみ、大西紀和、山口勝司、重信秀治、河田雅圭、皆川純
「緑藻ゲノムリシーケンスにより親株を使わず迅速に変異遺伝子を同定する方法」日本植物学会第79回大会(2015年9月6日~8日、朱鷺メッセ：新潟コンベンションセンター、新潟県新潟市)(口頭発表)

〔図書〕(計 2 件)

Maruyama S and Kim E, Symbiosis in eukaryotic cell evolution: Genomic consequences and changing classification. In *Cells in Evolutionary Biology*, ed. Hall B, Moody S, CRC Press (in press).

Yoshida Y, Sakamoto Y, Iwasaki K, Maruyama S and Matsunaga S, Double-membrane-bounded organelles - Recent findings regarding division, inheritance, structure and evolution of the nucleus, mitochondria and chloroplasts. In *Cyanidioschyzon merolae: A model for understanding eukaryotic cell, with the complete genome and manipulation tools*, ed. Kuroiwa T, Miyagishima S, Matsunaga S. Springer (in press).

〔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
<http://www.lifesci.tohoku.ac.jp/research/fields/laboratory.html?id=2547>

6. 研究組織
(1) 研究代表者
丸山 真一朗 (MARUYAMA, Shinichiro)
東北大学・生命科学研究科・助教
研究者番号：50712296

(2) 研究分担者
該当なし ()
研究者番号：

(3) 連携研究者
該当なし ()
研究者番号：

(4) 研究協力者
皆川 純 (MINAGAWA, Jun)
宮城島 進也 (MIYAGISHIMA, Shin-ya)
藤原 崇之 (FUJIWARA, Takayuki)
河田 雅圭 (KAWATA, Masakado)