

文部科学省補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ（牽引型）」

2022年度 連携型共同研究 成果報告書

研究課題名	光の波長に応答した光合成アンテナ超複合体の形成挙動の解明
研究代表者	藤井 律子（大阪公立大学 人工光合成研究センター 准教授）
共同研究者	荒木 良一（和歌山大学 教育学部 准教授） 竹田 恵美（大阪公立大学 理学研究科 准教授）

研究成果

ふらつきが大きくエネルギー的に分散した太陽光を利用して光化学反応を行うには集光システムが不可欠である。天然の光合成では光合成アンテナと呼ばれる色素タンパク質複合体がこの役割を担う。植物や緑藻では、二種類の光化学系(PSI, PSII)に結合して超複合体を形成する周辺アンテナ LHCI, LHCII が複数存在し、生育時の光環境に応答して超複合体の構成が変動することが生化学的・構造生物学的に明らかになってきた。我々は、白色の強光から緑色の弱光まで大きく変動する光環境の潮間帯で繁茂する代表的なシフォナス緑藻ミルの光順応に着目し、赤と緑の強光で生育したミルについて、LHC に結合する色素組成の変動を初めて明らかにした[Seki et al. FEBS Lett., 2022]。我々は、2019年度～2021年度の本助成金により、mRNA-seq を実施し、光環境により変動する LHC の候補遺伝子配列を7種類見出した。そこで本研究では、これらの候補配列の全長を決定し、これをデータベースとしたペプチド MS フィンガープリント解析により光合成アンテナ超複合体の構成蛋白質を同定し、赤、緑色強光に応答した光合成アンテナ超複合体の動的形成挙動を解明することを目的とした。

今年度、我々はクライオ電子顕微鏡法により、ミルの LHCII の高分解能構造を解明し、LHCII を構成するタンパク質を同定した[Seki et al., BBA Advances, 2022]。次に、光環境により発現量が増加する7種類の LHC の候補遺伝子配列の全長を、候補配列のプライマーによる PCR 法で決定したところ、RNA-seq のデータに間違いがないことがわかった。次に、定量 PCR 法による転写レベルでの発現挙動の追跡を行うため、光条件による変動が少ない遺伝子を選別してリファレンス遺伝子を見つけた。そして7種類の Lhc 配列とリファレンス遺伝子のみを増幅できるプライマーを設計した。これらを用いて、定量 PCR を行ったところ、3つの候補遺伝子では光条件による発現量に有意差が見られず、残りの4つでは全てコントロール<赤<緑の順に有意に発現量が増加していた。後者のうち3つは、我々が構造解明したミルの LHCII を構成するタンパク質と極めて相同性が高い配列であったため、LHCII に結合する色素組成の変化とタンパク質の発現量の増加が創刊する可能性が示唆された。しかしながらこの結果は mRNA-seq を用いた発現変動解析の結果とあまり一致しなかったため、リファレンス遺伝子の選択や試料から mRNA を取得する際の条件などを精査して、再実験を行い、結果を精査する必要がある。今後、このツールを使って、光合成アンテナの転写レベルでの光環境応答のアクションスペクトルを測定することにより、色素組成の変化とともに総合的に解析することで、緑藻ミルの光応答の全貌を解明する計画である。

本研究課題に関する今年度の業績

<査読付き投稿論文>

1. Soichiro Seki, Tetsuko Nakaniwa, Pablo Castro-Hartmann, Kasim Sader, Akihiko Kawamoto, Hideaki Tanaka, Pu Qian, Genji Kurisu, **Ritsuko Fujii\***, “**Structural insights into blue-green light utilization by marine green algal light harvesting complex II at 2.78 Å**”, *BBA Advances*, 2:100064 (2022). DOI: 10.1016/j.bbadv.2022.100064
2. Soichiro Seki, Yumiko Yamano, Naohiro Oka, Yasuhiro Kamei, **Ritsuko Fujii\***, “**Discovery of a novel siphonaxanthin biosynthetic precursor in *Codium fragile* that accumulates only by exposure to blue-green light**”, *FEBS Lett.*, **596**(12):1544-1555, 2022. DOI: 10.1002/1873-3468.14357

<学会発表、招待講演>

1. Soichiro Seki, Kazuhiro Yoshida, Naohiro Oka, Yumiko Yamano, Yasuhiro Kamei, Mitsuru Sugisaki, Ritsuko Fujii\*, “Carotenoid interconversion in LHCII of *Codium fragile* stimulated by blue-green irradiation”, 18th International Congress on Photosynthesis Research, Hybrid at the Dunedin Centre, 1 Harrop Street Dunedin, New Zealand 9016, 20220731-0805. oral. **(Poster Prize (4/162))**
2. 藤井 律子, “青い光と海洋性大型緑藻ミル：シフォナキサンチン 生合成前駆体の発見”, 日本応用藻類学会第 20 回記念大会シンポジウム, ハイブリッド開催(東北大学), 20220903. **(招待講演 Invited lecture)**
3. 関 荘一郎、藤井 律子\*, “侵略的外来藻ミルの多様な光環境への適応メカニズムの解明”, 20230309, 第 1 回学際化学若手シンポジウム, 大阪公立大学 杉本キャンパス 学術情報センター 1F・文化交流室, ポスター
4. 関 荘一郎、仲庭 哲津子、カストロ-ハートマン パブロ、サデール カシム、川本 晃弘、田中 秀明、チェン プー、栗栖 源嗣、藤井 律子\*, “大型海洋藻ミル由来の光合成アンテナ SCP のクライオ電顕構造解析”, 20230315-17, 第 64 回日本植物生理学会年会, 東北大学川内キャンパス, 口頭
5. 関 荘一郎、山野 由美子、岡 直宏、亀井 保博、藤井 律子\*, “大型海洋藻ミルの青緑色強光下におけるカロテノイド組成の変化と新規シフォナキサンチン生合成中間体の発見”, 日本藻類学会第 47 回大会, 20230320-22, オンライン, ポスター **(ポスター賞 (2/13))**
6. 関 荘一郎、仲庭 哲津子、カストロ-ハートマン パブロ、サデール カシム、川本 晃弘、田中 秀明、チェン プー、栗栖 源嗣、藤井 律子\*, “大型海洋藻ミルの光合成アンテナの構造から見る青緑色光利用の秘訣”, 日本藻類学会第 47 回大会, 20230320-22, オンライン, 口頭