



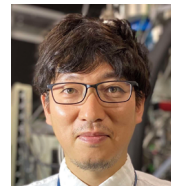
# 光合成微生物の光合成電子伝達反応の構造研究と応用

蛋白質研究所

教授 栗栖 源嗣

<https://researchmap.jp/read0051718>

助教 川本 晃大

<https://researchmap.jp/akikawa019>

## 研究の概要

光合成の電子伝達反応は光エネルギーにより駆動される化学反応です。光エネルギーから化学エネルギーへの変換は光化学系IとIIと呼ばれる膜タンパク質が担っています。そのうち好熱性シアノバクテリアがもつ光化学系I複合体について、単量体として存在する状態での構造を高分解能で解析して、単量体化する理由や複合体に含まれるクロロフィル分子がどのようにして特徴的な光吸収を可能にし、電子伝達を駆動しているのか詳細なモデルを提唱することに成功しました。

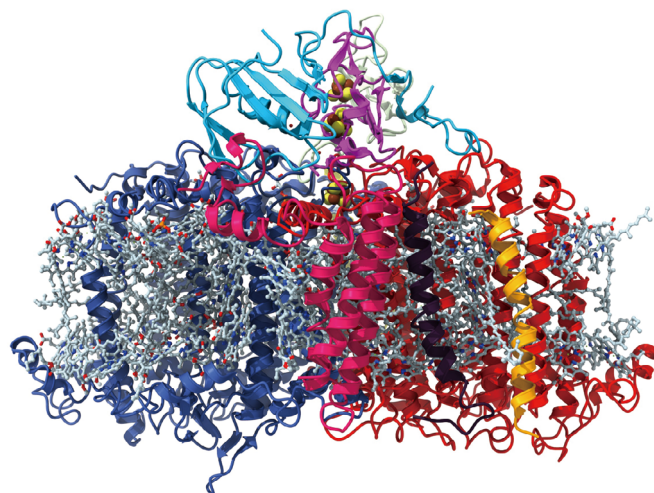
## 研究の背景と結果

植物や藻類は光合成機能を進化させながら原始地球を緑の惑星へと変え、現在も我々人類が豊かに暮らす地球環境を支えています。光合成反応は、光エネルギーを使って発電する太陽電池のような反応です。その心臓部は、クロロフィルによって構成される集光アンテナタンパク質を使って捕集した励起エネルギーによって水を酸化し分子状酸素を生成するとともに、炭酸ガスを固定する還元力を得る反応です。化石燃料の消費による人工的な気候変動への懸念から脱炭素・低炭素社会の実現が強く叫ばれており、光合成機能の理解と強化は、環境保全あるいは二酸化炭素資源化など、次世代の植物科学にも喫緊の研究課題です。その中でも、特に太陽電池に相当する光エネルギー変換反応の詳細な機構が分かれば、無尽蔵に降り注ぐ光エネルギーを使って、不可能と思われてきた植物や藻類の光合成機能の飛躍的な向上につなげることができるであろうと考えられてきました。

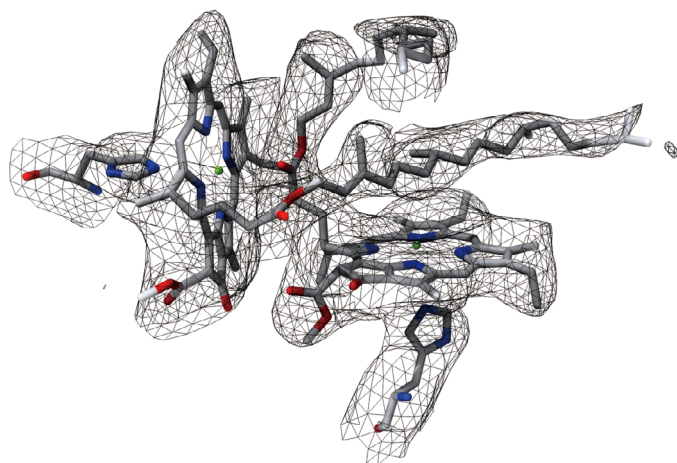
我々のグループでは、光化学系Iの単量体状態での精製方法を改良することで、均質な膜タンパク質複合体を得ることに成功し、最新鋭のクライオ電子顕微鏡装置（Cryo-ARM）を用いて良質な電子顕微鏡画像を撮影して、複合体の立体構造を原子分解能で解析しました（図）。今回の解析では、多量体状態での試料との比較を行うことで、吸収スペクトルが赤色にシフトした赤クロロフィルと呼ばれる分子集団を特定し、結合したクロロフィル分子が吸収した光エネルギーをどのように効率よく活用するのが分かりました。これにより、光合成の人工的な最適化や光合成機能の強化につながる可能性があります。

## 研究の意義と将来展望

光化学系Iにおける光エネルギー吸収はチラコイド膜にある膜タンパク質に結合したクロロフィルが担っています。沢山あるクロロフィル分子のうち幾つかが、赤色光を特徴的に吸収することが知られていましたが、その配置や吸収したエネルギー伝搬の仕組みはわかっていませんでした。今回、日本電子株式会社がAMED-CICLE事業で開発・高度化した最新型のクライオ電子顕微鏡を使って、光化学系I複合体の単量体での高分解能構造解析に世界で初めて成功しました。光化学系Iのような巨大な膜タンパク質複合体であっても、高分解能構造があきらかにできれば、藻類の機能改変の指針策定に役立つことが期待されます。



好熱性シアノバクテリア *T. elongatus* BP-1由来単量体光化学系Iのクライオ電顕構造



光化学系I構造中に見いだされるクロロフィル分子周辺の密度マップ

特許

論文

参考URL

キーワード

Coruh, Orkun; Frank, Anna; Tanaka, Hidaki et al. Cryo-EM structure of a functional monomeric Photosystem I from *Thermosynechococcus elongatus* reveals red chlorophyll cluster. *Commun. Biol.*, 2021, 4, p.304, doi: 10.1038/s42003-021-01808-9

<http://www.protein.osaka-u.ac.jp/crystallography/LabHP/>

膜タンパク質複合体、光合成エネルギー変換、クライオ電子顕微鏡