



研究情報

特集記事

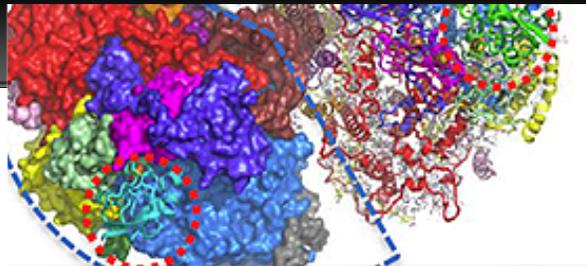
日付ごとに見る

研究組織ごとに見る

研究者総覧

研究を支援する

自然科学系



光合成の末端電子伝達反応を可視化

光合成電子伝達リレーでアンカーにバトンパスする姿を見た

2018年4月3日

研究成果のポイント

- ・弱い相互作用で引っ付いたり離れたりする複合体の構造は、解析が難しく働いている姿を見ることは出来ていなかったが、人工的に再構成したフェレドキシンを使い、不安定な複合体を結晶化することに成功
- ・光合成電子伝達鎖を構成する巨大な膜蛋白質が、末端の電子キャリア蛋白質（フェレドキシン）に電子を渡す際、立体構造を変化させながら効率良く電子伝達する仕組みを解明
- ・今後、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

概要

大阪大学蛋白質研究所の栗栖源嗣教授らの研究グループは、ドイツ・ルール大学のマチ

アス・レグナー教授らと共同で、光合成で働く巨大な膜蛋白質（光化学系I^{*1}）が、光のエネルギーを使って電子を伝達する姿の構造解析に成功しました。

植物や藻類が行う光合成反応は、地球上の全ての生命体を支える重要な反応で、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。発電に相当する反応は“電子伝達”と呼ばれ、チラコイド膜^{*2}中の巨大な膜蛋白質と可溶性の電子伝達蛋白質が行っています。水から得られた電子はチラコイド膜の回路を伝って光化学系Iと呼ばれる巨大な膜蛋白質に伝わり、最後の受け手である電子キャリア蛋白質（フェレドキシン）に電子をバトンパスすることで、様々な酵素に電力が供給されています。しかし、電子伝達は弱い力で駆動されるので、その詳細な仕組みは解明されていませんでした。今回、栗栖教授らは人工的に再構成^{*3}したフェレドキシンを使い、不安定な複合体を結晶化することに成功しました。さらに、大型放射光施設SPring-8のX線を用いて構造解析を進めました。X線構造解析^{*4}と生化学的な解析から、フェレドキシンを結合した時に玉突き式の構造変化を起こして対称な形を変化させながら効率良く電子を渡していることを突き止めました（[図1](#)）。

今後、フェレドキシンからの電子伝達経路も詳細に解析することで葉緑体の電子回路の改変指針を得る事が出来れば、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。

本研究成果は、英国科学誌「Nature Plants」に、4月3日（火）午前1時（日本時間）に公開されました。

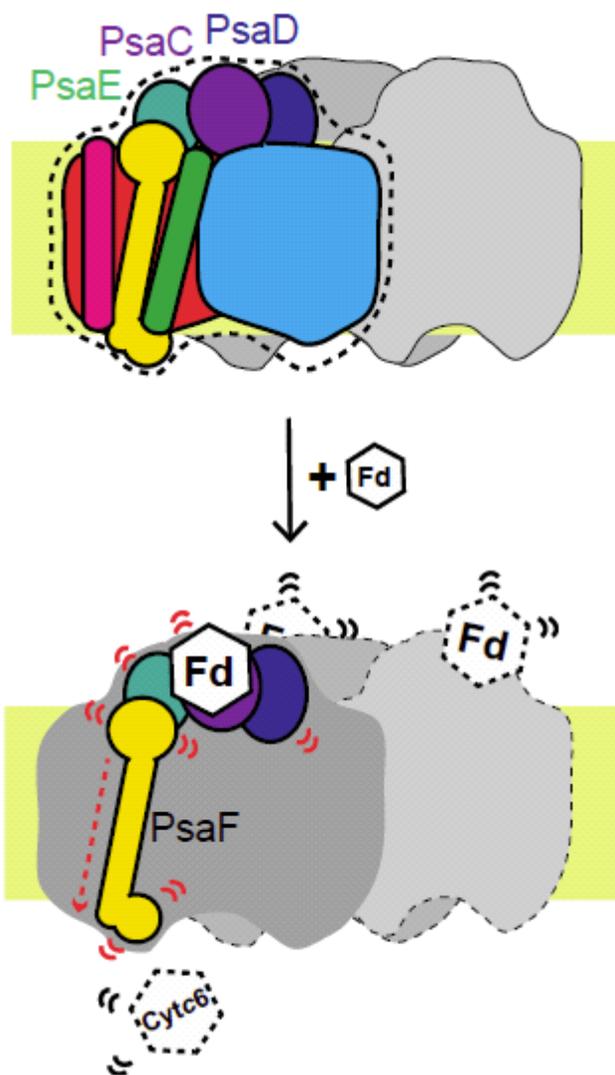


図1 玉突き式構造変化を示した概念図

Fd（フェレドキシン）の結合により順番に構造が変化し、膜の反対側に情報が伝達されることが分かりました。

研究の背景

光合成反応は、地球上の全ての生命体を支える重要な反応で、生成する酸素や取り込む二酸化炭素の量が地球環境を決定づけているといっても過言ではありません。光合成反応は光エネルギーを化学エネルギーに変える電子伝達部と、その化学エネルギーを利用して二酸化炭素を取り込む部分とに分かれています。光合成電子伝達と呼ばれる電子伝達部は主に3種の巨大蛋白質複合体（光化学系I及びII、 PSI 、 PSII 、 PSI ）により構成されていますが、今回注目した“働いている構造”が分かる光化学系I複合体は、その中で最も大きな分子サイズを持っています。光化学系I単体の構造はすでに報告されていましたが、電子伝達する相手であるフェレドキシンと呼ばれる電子キャリア蛋白質は、非常に弱い相互作用で複合体を形成するため、複合状態での結晶化が難しく、電子をバトンパスする詳細な姿と、その電子伝達の分子メカニズムは不明でした。

研究の内容と成果

栗栖教授らの共同研究グループでは、フェレドキシンが持つ鉄硫黄クラスターと呼ばれ

る金属部分を人工的に別の金属に置き換えて、酸化還元^{*5}状態を均質にすることで、安定な結晶を得る事に成功しました。この複合体の結晶を用いて大型放射光施設SPring-8において回折実験を行い、複合体蛋白質の構造を原子分解能で解析しました。その結果、フェレドキシンが光化学系Iに結合し、結合した時だけ光化学系Iの三量体が非対称に構造を変化させることを突き止めました（[図2](#)：左）。またフェレドキシンの結合に伴い、光化学系Iが玉突き式に構造を変化させて（[図2](#)：右）、もう一つの電子キャリア蛋白質シトクロムとの結合を調整していることも分かりました。以上のことから、電子キャリア蛋白質の結合が光化学系Iの構造を変化させて効率良く電子伝達することを世界で初めて明らかにしました。

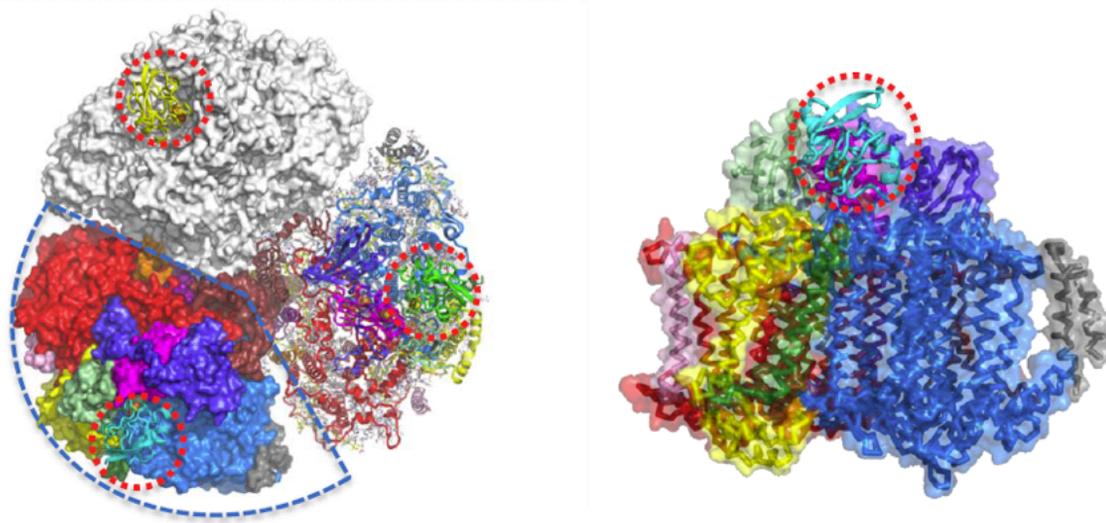


図2 光化学系Iとフェレドキシンの複合体構造

（左）膜の上から見た光化学系Iの三量体の図。結合しているフェレドキシン（黄，緑，水色）はリボンモデルで表示して赤い波線で囲っている。（右）左図の青い波線に対応する単量体（三分の一の構造）を切り出して横から見た図。

本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

電子伝達は相互作用が弱いにもかかわらず非常に特異的に進行する反応で、特に光合成生物では様々な調節機構を持っています。本研究成果のように、光合成電子伝達の巧妙な活性化機構を理解することで植物や藻類の改変指針を得ることが出来れば、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。

特記事項

本研究成果は、2018年4月3日（火）午前1時（日本時間）に英国科学誌「Nature Plants」にオンライン先行掲載されました。

タイトル：“X-ray structure of an asymmetrical trimeric ferredoxin-photosystem I complex”

著者名：[Hisako Kubota-Kawai](#), [Risa Mutoh](#), [Kanakano Shinmura](#), [Pierre Sétif](#), [Marc M.](#)

なお、本研究は、JST戦略的創造研究推進事業CREST研究の一環として行われ、大阪大学から国際共同研究促進プログラムの支援を受け、ルール大学ボーフムのマチアス・レグナー教授の協力を得て行われました。また、蛋白質の立体構造は、大型放射光施設SPring-8に大阪大学が設置しているビームラインBL44XUを用いて得られたものです。

用語説明

※1 光化学系I

植物や藻類がもつ蛋白質複合体で、クロロフィルやカロテノイドなどの色素や金属中心が分子内部に精巧に配置された膜蛋白質。ラン藻の複合体は三量体構造をとり、分子サイズは巨大で約100万ダルトンにおよぶ。

※2 チラコイド膜

光合成をおこなう植物や藻類がもつ光合成機能に特化した生体膜。多くの色素や膜蛋白質が規則正しく埋め込まれている。

※3 再構成

金属を含む蛋白質のうち、金属を含む部分のみを人工的に入れ替えて、構造のよく似た改変体を作る操作。

※4 X線構造解析

物質の構造を解析する手法の1つ。調べたい物質の結晶に対してX線を照射して、そこから散乱されたX線の強度を観測し解析することで最終的に結晶中の物質の構造を知ることができる。

※5 酸化還元

2つの物質間に電子の授受が起こる反応をいい、片方が酸化（電子を奪われる）されると還元（電子を受け取る）される成分も必ず存在するため、両者をまとめて酸化還元と呼ぶ。

研究者のコメント

農学系学部を持たない阪大で、植物や藻類の光合成研究を展開するため、大学の支援を受けてドイツの大学（ルール大学ボーフム）と共同研究を進めてきました。構造生物学

を得意とする阪大とは、win-winの関係で良好な共同研究を進めることが出来ました。

実際に、阪大の研究者（Hisako Kubota-Kawai）がドイツに1ヶ月間滞在して、共同研究を効率的に進めました。

参考URL

大阪大学 蛋白質研究所蛋白質構造生物学研究部門

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

キーワード

▶ [蛋白質](#) ▶ [X線結晶解析](#) ▶ [構造生物学](#) ▶ [色素体機能・光合成](#) ▶ [栗栖源嗣](#)

この組織の他の研究を見る

▶ [蛋白質研究所](#)

 Gefällt mir 0

 ツイート

back to top



[サイトマップ](#)

[サイトポリシー](#)

[お問い合わせ](#)



Copyright © OSAKA UNIVERSITY. All Rights Reserved.