



岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 7 年 5 月 8 日

岡 山 大 学

海洋の環境維持において重要な役割を担うハプト藻由来光化学系 II-アンテナ超複合体の構造を解明

◆発表のポイント

- ・海洋の環境維持において重要な役割を果たしているハプト藻から、光化学系 II (PSII) -フコキサンチン・クロロフィル *c* 結合タンパク質 (FCPII) を単離しました。
- ・岡山大学異分野基礎科学研究所国際構造生物学研究センターのクライオ電子顕微鏡 Titan Krios G4 を用いて、PSII-FCPII の構造を 2.2 Å 分解能で解明しました。
- ・高い分解能のため、珪藻や紅藻で発見されていた Psb36 というサブユニットの配列を初めて決定できました。
- ・これまで報告されている光化学系 II-アンテナ超複合体とは異なり、PSII 二量体の外側にそれぞれ 6 個ずつ FCPII が結合していました。
- ・6 個の FCPII のうち 1 個は、エネルギー伝達と余剰エネルギー散逸のハブとなっている可能性があることが分かりました。

ハプト藻類は、海洋バイオマスの 30~50%を生産する単細胞藻類であり、地球上の炭素固定の 10%、海洋の炭酸カルシウム (CaCO₃) 生成の 50%を担う重要な藻類です。しかし、ハプト藻類によるエネルギー変換システムの詳細なメカニズムは、まだ十分に解明されていません。

今回、岡山大学学術研究院先鋭研究領域 (異分野基礎科学研究所) の Romain La Rocca 助教 (特任)、加藤公児准教授 (特任)、蔡弼丞助教 (特任)、中島芳樹助教、秋田総理准教授、沈建仁教授のグループは、岡山大学異分野基礎科学研究所国際構造生物学研究センターのクライオ電子顕微鏡を用いて、ハプト藻類の代表的な種である *Chyrostila roscoffensis* 由来の光化学系 II (PSII) -フコキサンチン・クロロフィル *c* 結合タンパク質 (FCPII) 超複合体の構造を 2.2 Å の高分解能で解明しました。この構造は、これまで報告された緑藻や珪藻の PSII-LHCII (FCPII) の構造と異なり、PSII 二量体の両側に 6 個ずつ、計 12 個の FCPII が結合していました。高分解能の解析の結果、珪藻や紅藻で発見されていましたが、配列が未同定のサブユニットである Psb36 の配列を初めて決定することができました。また、主要な励起エネルギー移動経路を同定しました。これらの成果は、ハプト藻におけるエネルギー伝達の機構を解明するだけでなく、進化の過程における PSII-FCPII の変化にも重要な知見を提供しました。この成果は、2025 年 5 月 5 日、英国学術雑誌「*Nature Communications*」のオンライン版に掲載されました。



PRESS RELEASE

◆研究者からのひとこと

2023 年の夏から岡山大学で研究している、フランス出身の構造生物学研究者です。クライオ電子顕微鏡、X 線結晶構造解析、生物物理学の手法でタンパク質のメカニズムを解明しています。

(I use cryo-EM, crystallography and biophysics to obtain insights into protein mechanisms. French structural biology researcher.)



La Rocca 助教（特任）

■発表内容

<現状>

ハプト藻は海洋の 30~50%のバイオマス生産を担っています。また、ハプト藻の代表種である円石藻は、その名の通り細胞の表面に石灰質の殻（円石）を持っているため、温室効果をもたらす二酸化炭素の固定とカルシウムの石化という重要な役割も担っています。これらの機能は、光合成によって実現していますが、ハプト藻の光合成における光エネルギーの吸収や伝達のメカニズムに関して未解明な部分が多く残っています。

<研究成果の内容>

本研究では、ハプト藻類の代表的な種である *Chyrostila roscoffensis* 由来の光化学系 II (PSII) -フコキサンチン・クロロフィル *c* 結合タンパク質 (FCPII) 超複合体を単離精製し、その構造を岡山大学異分野基礎科学研究所国際構造生物学研究センターの高性能 300 kV クライオ電子顕微鏡 Thermofisher Scientific Titan Krios G4 を用いて 2.2Å の高分解能で解明しました。PSII-FCPII の構造は、PSII 二量体の両端に 6 個ずつ、合計 12 個の FCPII が結合していました。この結合様式は、これまでに報告されているどの超複合体とも異なっている新規の構造でした。片側の 6 個の FCPII の配置を観察してみると、1 個の FCPII の結合に柔軟性があり、光エネルギーの量に応じてエネルギー伝達と散逸のハブを担っている可能性があることが分かりました。解析された詳細な色素の配置により、エネルギー伝達機構を解明することができました。また高分解能を生かして、珪藻や紅藻で発見されていたが詳細なアミノ酸配列が分かっていた Psb36 というサブユニットの配列を初めて決定することができました。

<社会的な意義>

ハプト藻の PSII-FCPII の高分解能構造解析によって、当該複合体における光エネルギーの吸収、反応中心への伝達、及び過剰エネルギーの逸散に関して、詳細な構造に基づく議論が可能になります。これらの知見は、光エネルギーの有効利用を目指す人工光合成システムの開発にも重要な知見を提供すると期待されます。また、ハプト藻は原始的真核紅藻が二次共生によって生じたものと考えられていることから、その PSII-FCPII の構造解明は、進化の過程で起きた PSII-FCPII の構造変化にも重要な知見を提供すると考えられます。

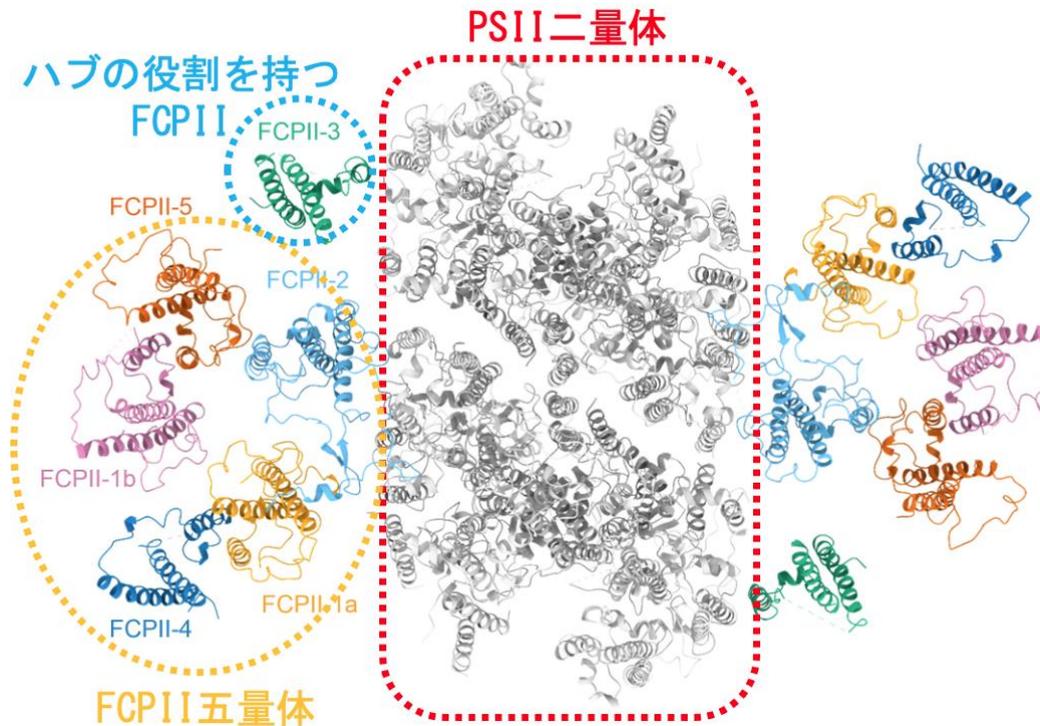


図. *Chyrostila roscoffensis* 由来の光化学系 II (PSII) -フコキサンチン・クロロフィル *c* 結合タンパク質 (FCPII) 超複合体の構造

■論文情報

論文名 : Structure of a photosystem II-FCPII supercomplex from a haptophyte reveals a new antenna organization

掲載紙 : *Nature communications*

著者 : Romain La Rocca, Koji Kato, Pi-Cheng Tsai, Yoshiki Nakajima, Fusamichi Akita, and Jian-Ren Shen

DOI : 10.1038/s41467-025-59512-9

URL : <https://www.nature.com/articles/s41467-025-59512-9>

■研究資金

本研究は、日本学術振興会特別推進研究 (JP22H04916) の支援を受けて実施しました。また、本論文は「岡山大学 インパクトの高い国際的な学術誌への APC 支援」を受けています。

■補足・用語説明

(1) クライオ電子顕微鏡 : 瞬間凍結したタンパク質などに電子線を照射し、その透過像を撮影する装置です。岡山大学では、2023 年に国際構造生物学研究センターを発足し、300 kV 高性能クライオ電子顕微鏡 Thermo Scientific Titan Krios G4 を導入しています。



PRESS RELEASE

国際構造生物学研究センターURL: <https://www.okayama-u.ac.jp/user/icsb/index.html>

<お問い合わせ>

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（異分野基礎科学研究所）

教授 沈 建仁

（電話番号） 086-251-8502

（FAX） 086-251-8502

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（異分野基礎科学研究所）

准教授 秋田 総理

（電話番号） 086-251-8630



岡山大学は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。

