

【特別推進研究】

生物系



研究課題名 光合成系 II における水分解反応の学理解明

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授 しん けんじん
沈 建仁

研究分野：生物学、生物物理学

キーワード：光合成、膜タンパク質、光エネルギー変換、水分解反応

【研究の背景・目的】

本研究の目的は、植物や藻類が行う酸素発生型光合成において、最大で最後の謎である太陽光を利用した水分解・酸素発生反応の機構を構造生物学、赤外分光や電子スピン共鳴などの各種物理測定法、変異株の作成と構造・機能解析、及び理論計算により電子・原子レベルで解明し、その学理を究明することである。

光合成において、太陽の光エネルギーを利用して水を酸素、水素イオン、電子に分解する反応を触媒しているのが光化学系 II (PSII) 複合体であり、これは 20 種のサブユニットと多数の補欠因子からなる、分子量 350 kDa の超分子膜タンパク質複合体である。我々はこれまで好熱性シアノバクテリア由来の PSII の高分解能結晶作成に成功し、その構造を 1.9 Å 分解能で報告した。しかし、この構造は水分子反応開始前の S₁ 状態に対応するものであり、水分解反応は、図 1 に示したような S 状態遷移を経て行われるので、その機構を完全に解明するには、反応中間体である S₂, S₃ 状態の構造、及び反応パスのエネルギー変化を理論計算で解明する必要がある。そのため、本研究では実験と理論のアプローチを組み合わせることによって、各中間状態の構造、反応に伴う構造・エネルギー変化を明らかにし、さらに PSII の各構成サブユニットの機能を、変異体の構造・機能解析により明らかにする。これによって自然界で行われる水分解・酸素発生反応の機構を解明し、人工光合成による太陽光エネルギーの高効率利用に貢献する。

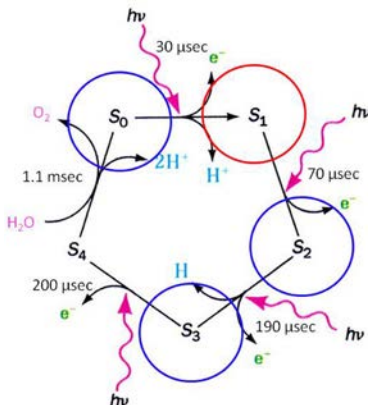


図 1. 光化学系 II における水分解反応 S-state 遷移

【研究の方法】

これまで高分解能を与える PSII 結晶の作製に成功しているため、それを用いた中間体や各種変異体の構造解析が本研究の最大の特徴であるが、結晶構造解析と合わせて、変異体の構造・機能解析、各種分光・蛍光測定による電子伝達活性や酸素発生活性の測定、赤外分光や電子スピン共鳴などの物理測定法、

及び量子力学、分子力学などの理論計算を組み合わせ、水分解・酸素発生反応の全貌を解明する。

【期待される成果と意義】

PSII による水分解・酸素発生反応は大気中に酸素を供給し、光エネルギーを生物が利用可能な化学エネルギーに変換する点で、人類を含む全ての好気的生物の生存に欠かせないものなので、その反応機構の解明は極めて重大な学問的意義を持っている。また、光エネルギーの高効率人工利用を目指した、将来のエネルギー問題、地球環境問題の解決に重要な人工光合成系の開発にも、可視光を利用した PSII の水分解反応機構は重要な指針を与える点で重要な意味を持っている。これまで 2.0 Å を超える分解能で構造解析された膜タンパク質及びその複合体の中で、PSII は最大のものとなっており、その詳細な構造・機能解析は他の膜タンパク質、特に巨大膜タンパク質の高分解能結晶化・構造解析にも重要な知見を提供することになる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

Umena Y., Kawakami K., *Shen J.-R., *Kamiya N. Crystal structure of oxygen-evolving photosystem II at 1.9 Å resolution. *Nature* **473**, 55-60, 2011.

Kawakami K., Umena Y., Kamiya N., Shen J.-R. Location of chloride and its possible functions in oxygen-evolving photosystem II revealed by X-ray crystallography. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **106**, 8567-8572, 2009.

【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 28 年度
399,500 千円

【ホームページ等】

<http://www.biol.okayama-u.ac.jp/shen2/トップ.htm>
shen@cc.okayama-u.ac.jp