

遠赤色光を利用可能な光化学系 II のピコ秒時間分解発光分光

小澄研究室 村橋 真里

光合成系は、多数の反応が組み合わされた大きな連鎖反応系であり、その中で主要な役割を果たすタンパク質が光化学系 II (**Photosystem II**: PSII) である。PSII では、光化学反応により水が酸化分解され、その後の反応に必要なプロトンや電子がつけられる。PSII を構成する主要色素はクロロフィル *a* (図(a)) であるが、1996 年に新型の色素クロロフィル *d* (図(a)) で酸素発生型光合成をするシアノバクテリア *Acaryochloris (A.) marina* が発見された^[1]。クロロフィル *a* を主要色素とする PSII では、赤色 670 nm より短い波長の光しか光合成反応に使えないが、*A. marina* はこれよりさらに長波長の、低いエネルギーの光でも酸素発生ができる。*A. marina* の PSII-CBP (**Chlorophyll-binding Protein**) の構造を図(b) に示す。PSII は、コアアンテナ CP43 (**Chlorophyll-binding Protein 43 kDa**)、CP47、及び反応中心 (**Reaction Center: RC**) タンパク質サブユニットで構成され、周りに周辺アンテナ CBP が配置されている。先行研究により、低温電子顕微鏡を用いた PSII-CBP の構造解析やエネルギー移動の解明が行われてきた^[2]。本研究では遠赤色光利用可能な光合成反応解明のため、ピコ秒時間分解発光分光を用いた PSII-CBP の蛍光特性及びタンパク質サブユニット間のエネルギー移動ダイナミクスの解明を目的とした。

ピコ秒時間分解発光分光では、試料を励起波長 455 nm、励起光強度 3 μ W のパルスレーザーで励起し、時間相関単一光子計数法を用いて、670 nm から 800 nm の波長域において発光を検出した。培養した *A. marina* の細胞から、PSII-CBP を単離調製したものを試料とし、140 K と 296 K の温度条件で測定を行った。解析では、得られた減衰曲線について多指数関数を用いてフィッティングを行い、その成分数と時定数を求めた。観測したすべての波長でグローバルフィットを行うことにより、各時定数に対応する振幅スペクトル DAFS (**Decay-Associated Fluorescence Spectra**) を作成し (図(c))、各タンパク質サブユニットによる発光信号の帰属を明らかにした。

ピコ秒時間分解発光信号の解析結果より、発光減衰曲線に含まれる 5 成分の内 3 成分の発光は図のようにタンパク質サブユニットからの発光と対応していることが明らかになった。今後はサブユニット間エネルギー移動の可能性について検討を行う。

参考文献:

- [1] Miyashita et al., Nature, 383,402,(1996)
- [2] Shen et al., Sci. Adv. 10, eadk7140 (2024)

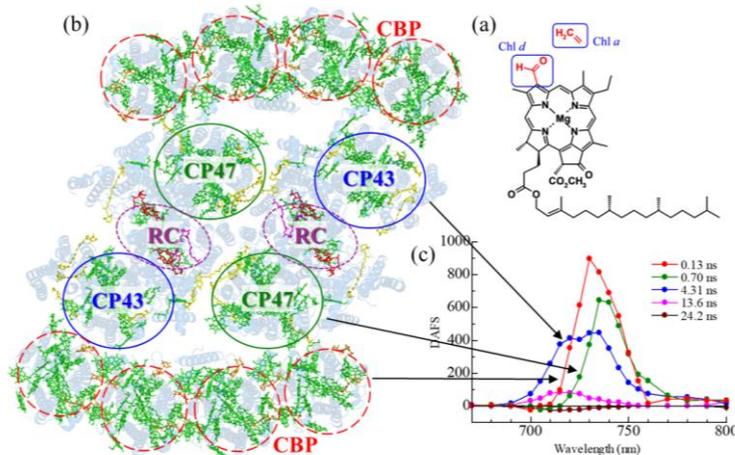


図 : (a) クロロフィル *d* (左) と クロロフィル *a* (右) の分子構造式。 (b) *A. marina* 由来 PSII-CBP の構造。 (c) 140 K での DAFS。