

2D19

クロロフィル *d*をもつ藍藻 *Acaryochloris marina* の光捕集機能の解明
(神戸大院・理¹, 神戸大・分子フォト², 京都大院・人環³, 東理大・理⁴, JST PRESTO⁵)

○山本 亜美¹, 横野 牧生², 土屋 徹³, 鞆 達也^{4,5}, 秋本 誠志^{1,2}

【序論】

藍藻 *Acaryochloris marina* (*A. marina*) は特徴的な光捕集機能をもつ。多くの藍藻は主要色素にクロロフィル (Chl) *a* を持つが、*A. marina* は Chl *d* (図 1) を持つ[1]。Chl *d* の吸収極大は細胞中で 714 – 718 nm であり、そのため遠赤光が光合成に利用可能である[1]。また、多くの藍藻はチラコイド膜外アンテナ色素タンパク質複合体に半円盤状のフィコビリソーム (PBS) を持つのに対して、*A. marina* はロッド形状のフィコビリタンパク質 (PBP) を持つ。*A. marina* は Chl *d* を主要色素にもつ唯一の藍藻であるにも関わらず、わずか (< 5%) に Chl *a* も持っており、その機能は必ずしも解明されてはいない。Chl *a* を主要色素にもつ藍藻では、Chl *a* 領域から遅延蛍光 (DF) が観測されることが知られているが、*A. marina* の場合、Chl 領域から DF が観測されるだけでなく、PBP 領域から長寿命蛍光 (> 5 ns) が観測されたという報告もあり[2]、DF が生じるメカニズムは完全には理解されていない。

各色素からの長寿命蛍光及び DF の観測は、*A. marina* における光捕集機能解明において非常に重要である。本研究では、*A. marina* における励起エネルギー移動 (EET) 過程の解明を目的とし、細胞及び単離した PBP の 77 K での時間分解蛍光分光法により測定・解析を行い、光捕集機能に関する考察を行った。

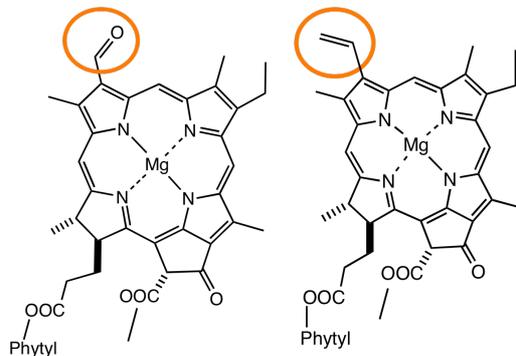


図 1. クロロフィルの分子構造
(左) Chl *d*、(右) Chl *a*

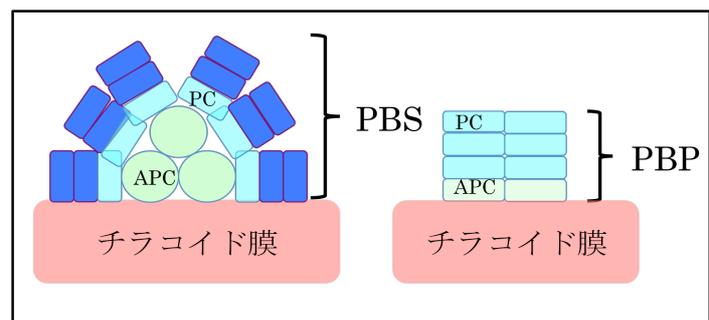


図 2. チラコイド膜外アンテナ色素タンパク質複合体の模式図
(左) 一般的な藍藻の PBS、(右) *A. marina* の PBP

【実験と解析】

藍藻 *Acaryochloris marina* の細胞と単離 PBP の時間分解蛍光スペクトル (TRFS) 及び蛍光減衰曲線を、時間相関単一光子計数法を用いて、77 K、励起波長 400 nm で測定した。TRFS の結果に関しては、全波長の蛍光減衰曲線を共通の時定数でフィットするグローバル解析を行い、Fluorescence-decay associated spectra (FDAS) を得た。

【結果と考察】

細胞の FDAS (図 3) は、6 成分で解析を行った (図 3 の赤実線 : 10 倍に拡大、赤破線 : 100 ps 以下の主要ピークをガウス関数でスペクトル分解)。EET の速い過程 (< 100 ps) に関して、40 ps : 高エネルギー-Chl (726 nm) から光化学系 (PS) I の red Chl (低エネルギー-Chl (757 nm))、60 ps : PBP 内 (649 nm)、75 ps : アロフィコシアニン (APC) (670 nm) から PSII の red Chl (732 nm) へのエネルギー移動時定数が得られた。また、PSII Chl 蛍光領域では時定数の増加に伴った主要ピークの長波長シフト、PSI Chl 蛍光領域では少なくとも 2 つの red Chl (753, 761 nm) が観測された。10 ns 以上の寿命をもつ成分では 5 つの波長領域に分解され、各色素で異なる長寿命蛍光をもつ (後述)。細胞内の EET 時定数を Chl *a* を主要色素にもつ他の藍藻 (*Synechocystis* sp. PCC 6803、*Synechococcus* sp. PCC 7002 / 本研究室で測定) と比較して、速いエネルギー移動が起こることが示唆された。

単離 PBP の FDAS (図 4) は、5 成分で解析を行い、50 ps : フィコシアニン (PC) 内・PC から APC、2.02 ns : PC、APC から低エネルギー-APC のエネルギー移動時定数が得られた。細胞と単離 PBP の FDAS を比較すると、PBP 内の EET は単離 PBP よりも細胞においてより速く起こることが考えられる。

各色素における長寿命蛍光及び DF を議論するために、特定の波長を選択し蛍光減衰曲線を測定した。その結果、Chl *a* 領域 : 23 ns、Chl *d* 領域 : 25 ns の時定数で長寿命蛍光が得られた。溶液中における Chl の蛍光寿命は 5 ns 程度であり、長寿命蛍光は PSII 反応中心での電子移動の後、電荷再結合によって励起状態が生じることで観測される (遅延蛍光)。これは、電子移動を仲介する Chl もしくは special pair (Chl 二量体) から観測される。また、PBP に関しては単離体でも PC、APC 領域ともに 10 ns 程度の時定数が得られたことから、PBP の長寿命蛍光は電荷再結合には関与していないと考えられる。

【参考文献】

- [1] H. Miyashita, *et al.*, *Nature* **383** (1996) 402.
- [2] Z. Petrášek, *et al.*, *Photochem. Photobiol. Sci.* **4** (2005) 1016 – 1022.

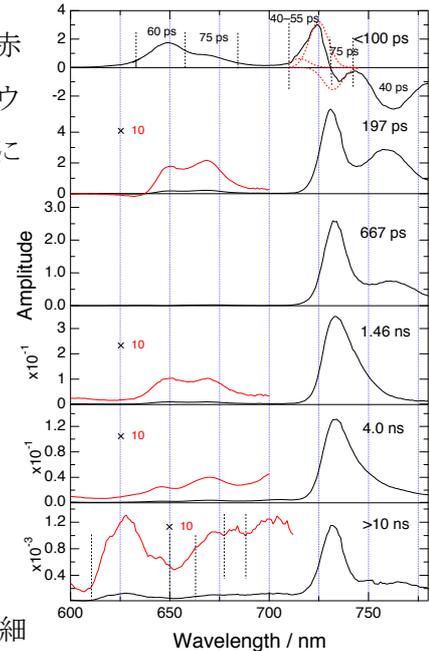


図 3. *A. marina* 細胞の FDAS

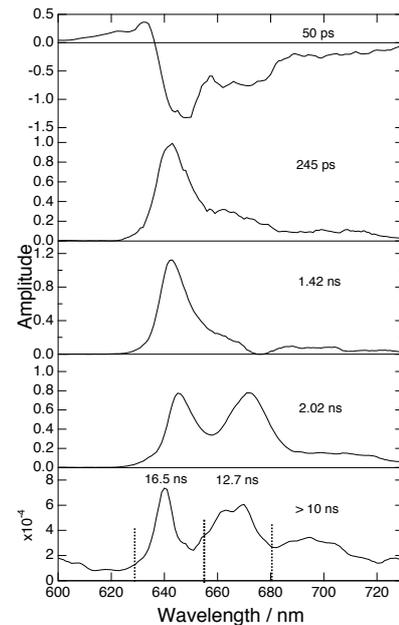


図 4. 単離 PBP の FDAS