

1P007

光合成系における遅延蛍光観測によるエネルギー移動経路の解析

(神戸大・分子フォト*, 神戸大院・理**, 神戸大・内海域***)

○横野 牧生*, 田中 一徳**, 福谷 通孝**, 村上 明男**, 秋本 誠志*

【序】酸素発生型の光合成生物はアンテナで吸収した光エネルギーを2種の反応中心、PSII-RC および PSI-RC、に励起エネルギーとして伝達する。光合成効率を維持するためには2種の反応中心の駆動バランスを保つことが重要である。中長期的なバランス調節は2種の反応中心の存在比を変えることで可能であるが、光環境の変化に応じた迅速な調節には、2種の反応中心へのアンテナの接続状態の切り替え(状態遷移)や、2種の反応中心間での励起エネルギー移動(スピルオーバー)、といった機構が提唱されている。

励起エネルギー移動の過程は時間分解分光法により観測可能である。一般に反応中心よりもアンテナに含まれる色素のほうが圧倒的に多いため、アンテナから反応中心へのエネルギー移動を反映した蛍光が光励起直後～数ナノ秒間に渡って観測される(図 1a)。しかしこの状態では PSII-RC、PSI-RC それぞれに会合した複数のアンテナが同時に励起されるため、状態遷移やスピルオーバーといった調節機構を区別することは難しい。

PSII-RC は励起エネルギーを受け取ると電荷分離反応を起こす。しかし極まれに電子が逆流し、電荷再結合によって PSII-RC に再び励起エネルギーが発生する(図 1b)。この電荷再結合に伴う蛍光は、光励起の数十ナノ秒後に観測されるため、遅延蛍光と呼ばれる[1]。遅延蛍光のスペクトルは PSII-RC 近傍の励起エネルギー分布を反映するため、反応中心間の相互作用の解析が可能である。そこで本研究では、巨大なアンテナ色素タンパク質複合体“フィコビリソーム”をもつ紅藻類を用いて、遅延蛍光スペクトルの詳細な解析から反応中心間の相互作用について考察する。

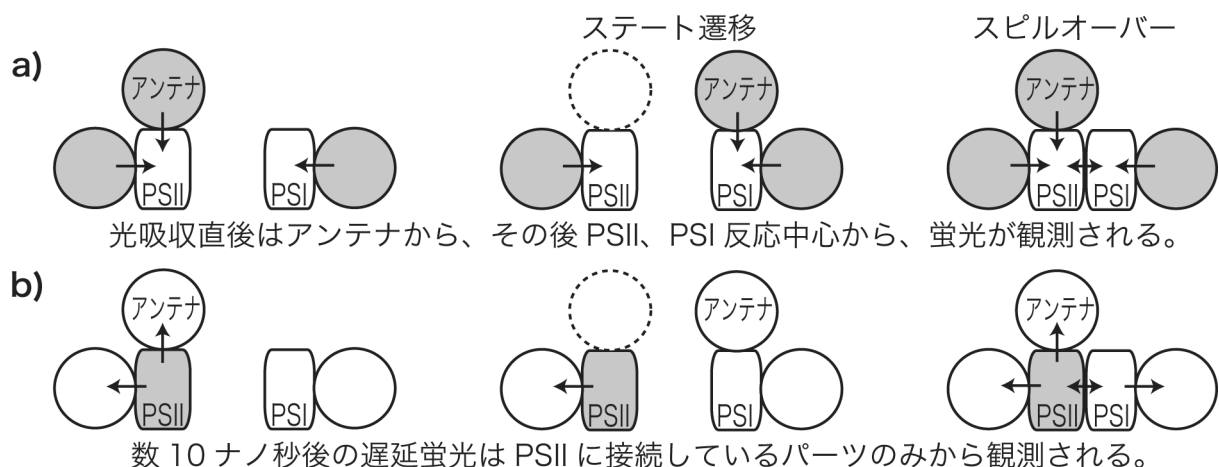


図 1 光吸収による励起エネルギーa)と電荷再結合による励起エネルギーb)の分布。矢印は励起エネルギー移動を示す。

【実験】 フィコエリスリン型のフィコビリソームをもつ4種の紅藻、*Porphyridium cruentum* (NIES-2138)、*Bangia fuscopurpurea*、*Porphyra yezoensis*、*Chondrus giganteus* を用いた。生細胞を用い液体窒素温度下での蛍光減衰曲線をピコ秒時間相関単一光子計数法（励起波長 400nm）で測定しグローバル解析を行った。

【結果と考察】

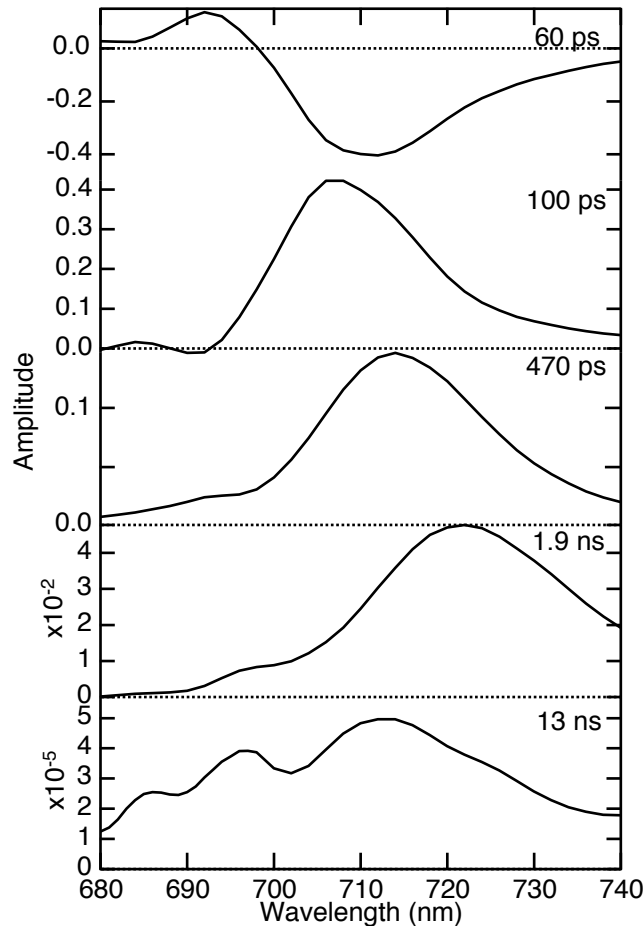


図2 *P. cruentum*のFDAS。

図2は *P. cruentum* の Fluorescence decay associated spectra (FDAS)で、蛍光寿命成分の波長分布を表す。正のピークは蛍光の減衰を、負のピークは蛍光の立ち上がりを示す。寿命 60ps のスペクトルでは、692nm に正の、710nm に負のピークが見られ、PSI-RC へのエネルギー移動を反映している。寿命 100ps のスペクトルでは、684nm に正の、692nm に負のピークが見られ、これはアンテナから PSII-RC へのエネルギー移動に対応する。77K では励起エネルギーはエネルギー準位の低いクロロフィルにトラップされ、そこから蛍光を発する(～1.9ns)。一方、寿命 13ns の成分は PSII-RC における電荷再結合に由来する遅延蛍光スペクトルで、686nm、696nm、712nm に3つのピークが確認できる。短波長側の2つのピークは単離 PSII-RC でも観測される。一方712nm のピークは PSI-RC のレッドクロロフィルのピーク波長に対応するが、単離 PSI-RC の最長寿命成分は 650ps 程度であった [2]。今回、生細胞を用いた測定では PSI-RC 蛍光(712nm)に PSII-RC 由来の遅延蛍光と同じ寿命成分が観測されたので、PSII-RC から PSI-RC への励起エネルギー移動が起きていることが示唆された。これらの結果は、巨大な PSII アンテナであるフィコビリソームをもつ紅藻類において、PSII-RC が受け取った過剰な励起エネルギーを PSI-RC へ渡すスリルオーバーが有意に機能していることを示唆している。

一方712nm のピークは PSI-RC のレッドクロロフィルのピーク波長に対応するが、単離 PSI-RC の最長寿命成分は 650ps 程度であった [2]。今回、生細胞を用いた測定では PSI-RC 蛍光(712nm)に PSII-RC 由来の遅延蛍光と同じ寿命成分が観測されたので、PSII-RC から PSI-RC への励起エネルギー移動が起きていることが示唆された。これらの結果は、巨大な PSII アンテナであるフィコビリソームをもつ紅藻類において、PSII-RC が受け取った過剰な励起エネルギーを PSI-RC へ渡すスリルオーバーが有意に機能していることを示唆している。

[1] M. Mimuro, M. Yokono, S. Akimoto, *Photochem. Photobiol.* **86**, 62, (2010).
 [2] M. Mimuro, S. Akimoto, T. Tomo, M. Yokono, H. Miyashita, T. Tsuchiya, *BBA Bioenergetics* **1767**, 327, (2007).