

1P095

ピコ秒時間分解蛍光分光法によるフィコビリソームから光化学系への励起エネルギー移動過程に関する研究

(神戸大院・理¹、神戸大院・工²、神戸大・分子フォト³)

○植野 嘉文¹、藍川 晋平²、近藤 昭彦²、秋本 誠志^{1,3}

Excitation energy transfer processes from phycobilosomes to photosystems probed by picosecond time-resolved fluorescence spectroscopy

(¹Grad. Sch. Sci., Kobe Univ., ²Grad. Sch. Eng., Kobe Univ., ³Molecular Photoscience Research Center, Kobe Univ.)

○Yoshifumi Ueno¹, Shimpei Aikawa², Akihiko Kondo², Seiji Akimoto^{1,3}

【序論】 酸素発生型光合成生物であるシアノバクテリアや紅藻は、2種類の光化学系(PSIとPSII)とフィコビリソーム(PBS)と呼ばれる光捕集アンテナを持つ。光化学系にはクロロフィル(Chl)とカロテノイド(Car)が含まれ、PBSにはフィコビルンが含まれる。PBSに吸収された光エネルギーは励起エネルギーの形で光化学系に伝達される(Fig. 1)。PBSは主にPSIIの

光捕集アンテナとして機能するが、PSIIが過剰に励起されるような環境では、PSIへもエネルギーが伝達される。PBSからPSIへのエネルギー移動経路として、①PBSからPSIへの直接的なエネルギー移動(PBS→PSIエネルギー移動)、②PBSからPSIIへのエネルギー移動後のPSIIからPSIへのエネルギー移動(PBS→PSII→PSIエネルギー移動)、が考えられている(Fig. 2)。

上記のエネルギー移動経路のどちらが/どちらも存在するかは現在も議論が続いている[1]。本研究では、ピコ秒時間分解蛍光分光法により数種のシアノバクテリアと紅藻における細胞中でのPBSから光化学系への励起エネルギー移動過程を検討した。

【実験】 サンプルとして、シアノバクテリア *Synechocystis* sp. PCC 6803、*Synechococcus* sp. PCC 7002、*Arthrospira platensis*、および紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* の無傷細胞を使用した。それらの細胞に関して、時間分解蛍光を液体窒素温度(77 K)で測定した。時間分解蛍光は、時間相関単一光子計数法で測定し、励起波長を408 nmと633 nmとした。408 nmと633 nmは、そ

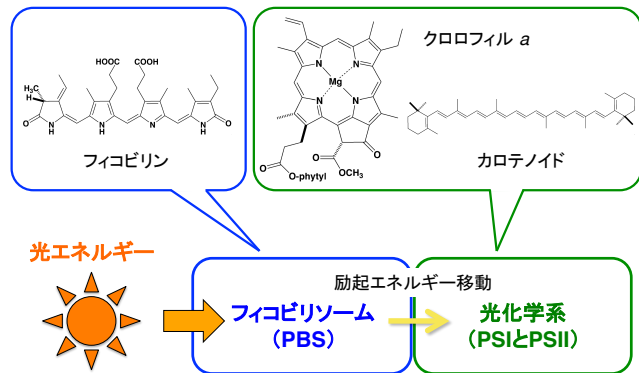


Fig. 1 シアノバクテリアや紅藻が持つ色素の分子構造と励起エネルギー移動の概略図

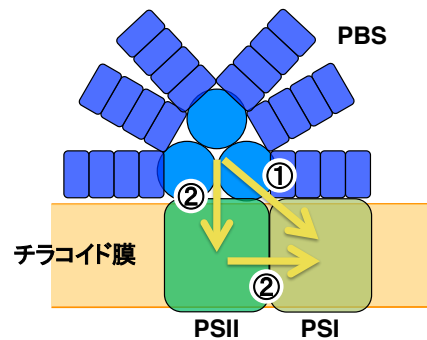


Fig. 2 PBS から PSI への励起エネルギー移動経路

- ①PBS→PSI エネルギー移動
- ②PBS→PSII→PSI エネルギー移動

れぞれ PSs (Chl と Car) と PBS を選択励起する。

【結果と考察】 Fig. 3 は、77 K におけるシアノバクテリア *Synechocystis* sp. PCC 6803 と *Arthrospira platensis* の 408 nm 励起 (青) と 633 nm 励起 (赤) の時間分解蛍光スペクトル (TRFS) を示す。675–700 nm は PSII 由来の蛍光領域、700–750 nm (*Arthrospira platensis* では 700–775 nm) は PSI 由来の蛍光領域である。励起後 47–76 ns 後のスペクトルは、PSII 反応中心の電荷再結合に由来する遅延蛍光スペクトルを示す[2]。PSI 自体は励起後 47–76 ns 後に遅延蛍光を示さないため、遅延蛍光スペクトルにおいて PSI 蛍光領域から蛍光が観測されることは、PSII→PSI エネルギー移動の存在を示す[2]。PBS 選択励起であっても両光化学系から蛍光が観測されるため、PBS から PSI へエネルギーが伝達されることが分かる。

Synechocystis sp. PCC 6803 では、遅延蛍光スペクトルにおいて PSI 蛍光領域に明白なピークが観測され、その波長は~725 nm であった。PSI 蛍光のピーク波長は、励起波長に関わらず、励起直後から時間とともに長波長シフトし、励起後 4 ns 後には~730 nm に到達した。この最長蛍光波長は、遅延蛍光スペクトルで観測された波長より長波長側であった (Fig. 3 破線)。これらの結果は、PBS→PSII→PSI エネルギー移動だけでなく PBS→PSI エネルギー移動も存在することを示す。シアノバクテリア *Synechococcus* sp. PCC 7002 と紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* においても同様の結果が得られた。

Arthrospira platensis は、~760 nm に蛍光ピークを示す低エネルギー-Chl を持つことが知られている。PSs 選択励起と比較して PBS 選択励起では励起直後において PSI 蛍光が短波長にピークを示した。遅延蛍光スペクトルでは、~730 nm と~760 nm の両方にピークが観測され、他のサンプルと異なり、励起後 3.5–4 ns 後のスペクトルにおいて観測された蛍光波長と明白な違いがなかった (Fig. 3 破線)。これらの結果から PBS から光化学系へのエネルギー移動経路が生物種で異なることが示唆される。

【参考文献】

[1] D. Kirilovsky, *Photosynth. Res.*, **126**, 3 (2015).

[2] M. Yokono et al., *Nat. Commun.*, **6**, 6675 (2015).

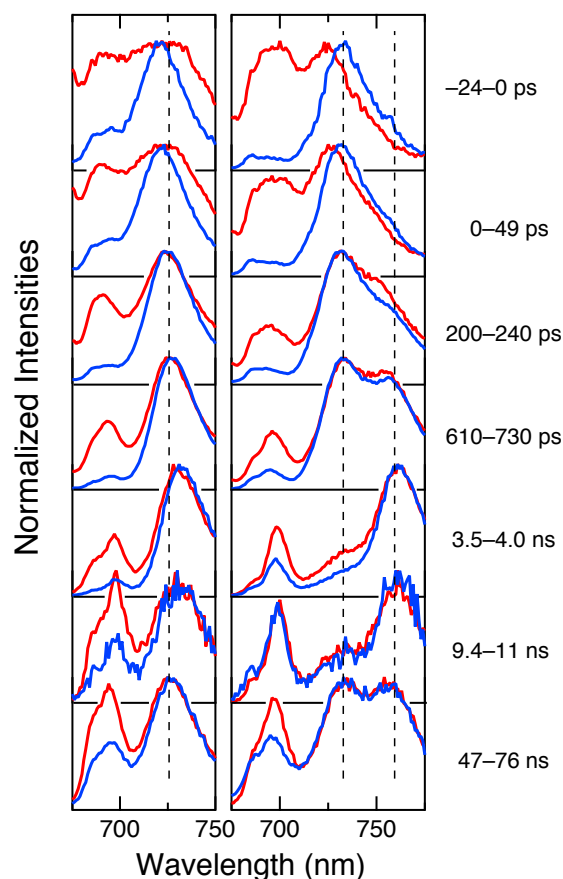


Fig. 3 シアノバクテリア *Synechocystis* sp. PCC 6803 (左) と *Arthrospira platensis* (右) のピーク波長で規格化された TRFS (77K)。青線が PSs 選択励起、赤線が PBS 選択励起の結果を表し、破線が遅延蛍光における PSI 蛍光のピーク波長を示す。