

1B14

藍藻アカリオクロリス淡路株における励起エネルギー移動の 励起波長依存性

(神戸大院・理¹, 神戸大・内海域², 神戸大・分子フォト³)

○多田愛¹, 村上明男², 横野牧生³, 福谷通孝¹, 富永圭介^{1,3}, 秋本誠志^{1,3}

【序】 光合成の初期の過程では、チラコイド膜の表面や内部に存在するアンテナ色素複合体によって吸収された光エネルギーが、色素間での励起エネルギー移動を経て反応中心まで伝達される。反応中心ではクロロフィル二量体が関与する電荷分離反応によって光エネルギーが電気エネルギーに変換される。太陽光のエネルギーを広い波長範囲で効率良く集めるため、光合成生物は多様なアンテナ色素を獲得している。藍藻においては、主にクロロフィル、カロテノイド、フィコビリンの3タイプの色素が用いられている。

クロロフィル *a* は全ての酸素発生型光合成生物で主要色素として含まれているが、本研究で用いた藍藻アカリオクロリス淡路株¹は、含有クロロフィルのうち 95%以上がクロロフィル *d* という特異的な藍藻で、光化学系 I、II の両方にクロロフィル *d* が結合している。クロロフィル *d* はクロロフィル *a* に比べ吸収帯が 20 nm 程度長波長側にシフトしている。そのためアカリオクロリス淡路株は可視光に加え近赤外光を効率的に利用した特異な酸素発生型光合成を行うことができる。クロロフィル *d* で構成される光合成系の光合成初期過程におけるエネルギー移動過程を解明することは、光合成の研究において重要な課題である。

アカリオクロリス淡路株にはクロロフィルの他に α -カロテンとフィコビルンが含まれており、 α -カロテンを励起した場合は光化学系 I から、フィコビルンを励起した場合は光化学系 II からの蛍光が優位に観測される²。本研究では α -カロテンとフィコビルンを選択的に励起することによって、光化学系 I と光化学系 II における励起エネルギー移動過程を検討した。

【実験】 時間分解蛍光スペクトルは時間相関単一光子計数法で測定した。サンプルは藍藻アカリオクロリス淡路株の生細胞を用い、77 K で測定した。また励起光源にはチタンサファイアレーザーの第二高調波 (400 nm) でポンプされる非同軸光パラメトリック増幅器を用い、 α -カロテン励起時には 520 nm に、フィコビルン励起時には 605 nm に波長を調節した。

【結果と考察】 図 1 に時間分解蛍光スペクトルを示す。各時間領域において、蛍光強度の

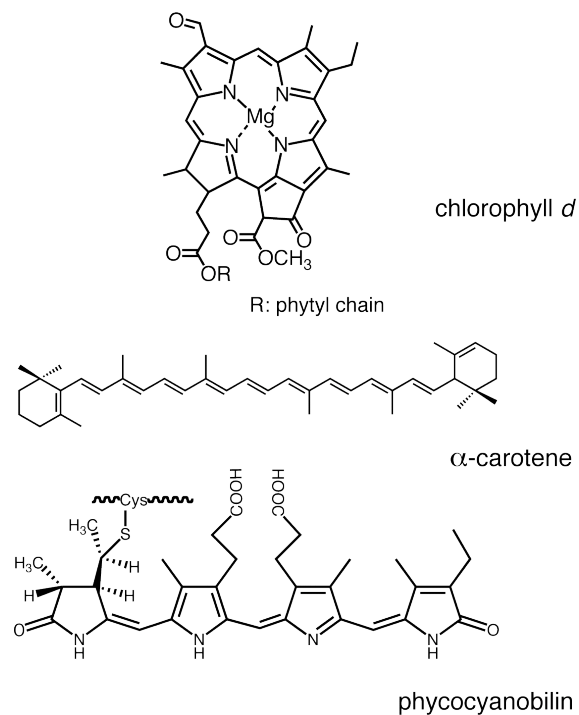


図 1 光合成色素の構造。
上：クロロフィル *d* 中： α -カロテン
下：フィコシアノビルン (フィコシアニン構成色素の一種)

極大値で規格化した。フィコビルリンを励起した場合には、時間初期に 680 nm より短波長側の領域でフィコビルリンからの蛍光が観測される。その減衰にともなって、749 nm で光化学系 II のクロロフィル *d* からの蛍光成分が増加しており、フィコビルリンからクロロフィル *d* へのエネルギー移動が起こっていると考えられる。その時定数は、蛍光寿命の値から 40 ps 以内であると考えられる (表 1)。時間後期ではクロロフィル *d* からの蛍光のピーク波長は 746 nm から 750 nm にレッドシフトしており、750 nm に蛍光を発するクロロフィル *d* がエネルギートラップとなっていることが分かる。

α -カロテンを励起した場合には、時間初期に 750 nm 付近と 775 nm 付近に 2 つの蛍光ピークが見られる。時間初期では、775 nm 付近のピークは 750 nm 付近のピークとほぼ同等の強度であるが、時間後期になると 750 nm 付近のピークが優勢となった。775 nm 付近のピークは α -カロテン励起時に顕著に観測されたため、光化学系 I からの蛍光であると判断出来る。775 nm は、報告されている酸素発生型光合成生物のクロロフィル蛍光の中で最も長波長である。また、フィコビルリン励起時とは異なり、750 nm 付近にピークを持つスペクトルは、5 ns 以降では 756 nm にピーク、748 nm に肩を持つ幅広いスペクトルとなった。これらの結果は、光化学系 I のアンテナ複合体が光化学系 II とは異なり様々なエネルギー状態を持つクロロフィル *d* で構成されていることを示している。

【参考文献】

- [1] A. Murakami, H. Miyashita, M. Iseki, K. Adachi, and M. Mimuro, *Science*, 303, 1633 (2004).
- [2] S. Akimoto, A. Murakami, M. Yokono, K. Koyama, T. Tsuchiya, H. Miyashita, I. Yamazaki, and M. Mimuro, *J Photochem Photobiol A: Chem*, 178, 122 (2006).

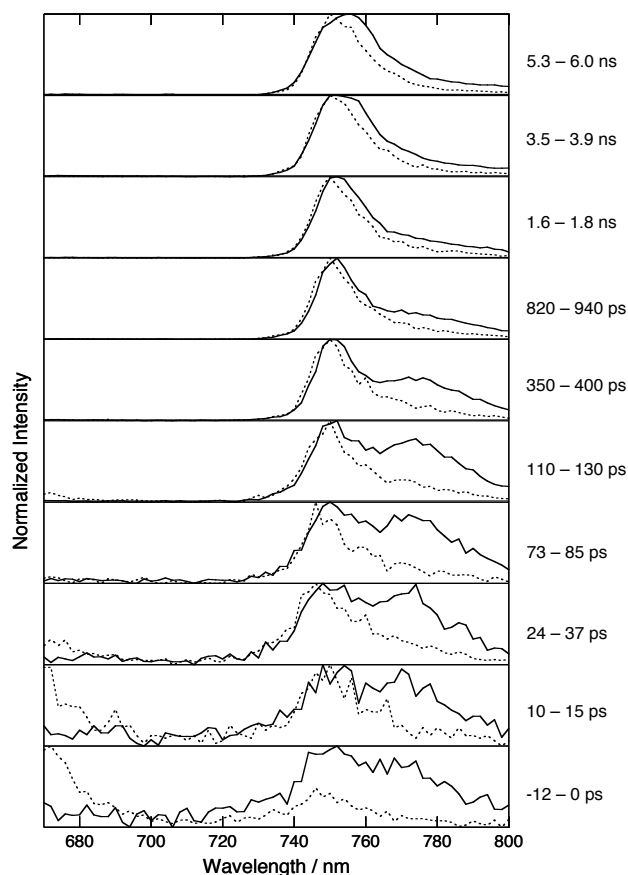


図 2 77 K における時間分解蛍光スペクトル。
 実線：520 nm 励起 (α -カロテン)
 破線：605 nm 励起 (フィコビルリン)

表 1 77 K における 605 nm 励起での蛍光寿命解析の結果。

Wavelength	Pigments	Lifetime	Amplitude
640 nm	PC	17 ps	1.00
650 nm	PC	14 ps	1.00
660 nm	PC, APC	14 ps	1.00
680 nm	APC, Chl <i>a</i>	33 ps	0.87
		260 ps	0.04
		1.3 ns	0.05
		4.6 ns	0.04
740 nm	Chl <i>d</i>	34 ps	-0.86
		130 ps	0.77
		710 ps	0.15
		2.6 ns	0.08

PC: フィコシアニン APC: アロフィコシアニン
 Chl: クロロフィル
 PC と APC はフィコビルリンを構成する色素タンパク質