



## 光化学系超複合体の機能解明

神戸大学大学院理学研究科

秋本誠志

光合成色素には、クロロフィルやカロテノイドなどが知られており、タンパク質と結合し、色素タンパク質複合体が形成されます。一連の光合成反応は、光合成色素によって光エネルギーが吸収されることにより始まります。この光エネルギーは、色素分子の励起エネルギーへと変換され、色素間や複合体間を移動（励起エネルギー移動）し、光誘起電子移動反応が起こる反応中心（光化学系 I、光化学系 II の 2 種類が存在）へと伝達されます。

屋外で光合成反応のエネルギー源となるのは太陽光ですが、光合成生物にとっては、この太陽光が最大のストレス源ともなり得ます（光傷害）。過剰な太陽光が降り注いだ時、あるいは、太陽光を吸収することにより得た励起エネルギーを光化学系 I と光化学系 II でバランス良く利用できない状況になった時、光合成反応に使われなかった励起エネルギーは活性酸素の発生を促し細胞破壊の原因となります。したがって、様々な環境ストレス下に置かれた光合成生物中における色素間励起エネルギー移動や複合体間励起エネルギー移動の解析が、その生物が持つ光合成初期過程のストレス耐性に関する本質的な研究手法となります。

液体窒素温度下でクロロフィルから発せられる蛍光を精密測定することにより、両光化学系がどのように励起エネルギーのバランスを保っているかを知ることができます。クロロフィルがパルスレーザーにより励起されると、励起エネルギー移動や電荷再結合などの現象を反映して、蛍光強度が時間とともに変化します（図 1）。この時、20 ns (ns:  $10^{-9}$  秒) 以降に観測されている蛍光は遅延蛍光と呼ばれ、光化学系 II

で起きる電荷再結合を反映しています。遅延蛍光が光化学系 I から観測されれば両光化学系は結合して超複合体を形成しており、観測されなければ両光化学系は独立していることになります。

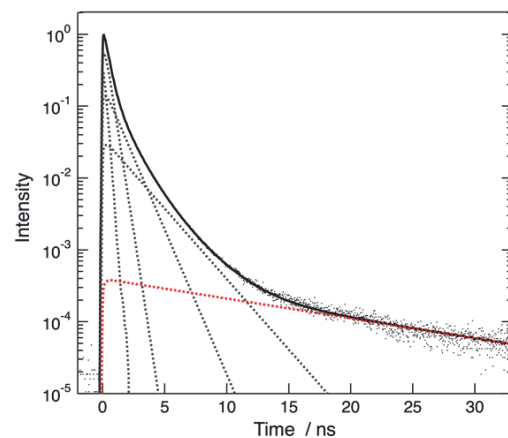


図 1 光合成生物細胞中のクロロフィルの蛍光減衰曲線。赤は遅延蛍光。

光化学系 I には様々な励起エネルギーの消光機構が知られており、光合成反応に使われなかった励起エネルギーを安全な形で消費することができます。光化学系 II が光化学系 I と結合して超複合体を形成していれば、光化学系 II で使われなかった励起エネルギーは光化学系 I に回して消費されることが予想されます。実際、遅延蛍光の精密測定により、シロイヌナズナでは強光下で超複合体が形成されることがわかってきました（文献 1）。最近では、両光化学系に加えて様々な色素タンパク質複合体が結合した超複合体が知られており（文献 2）、今後、超複合体形成とストレス耐性の相関についての研究が期待されます。

### 参考文献

1. M. Yokono, A. Takabayashi, S. Akimoto, A. Tanaka, *Nat. Commun.*, **6**, 6675 (2015).
2. M. Yokono, S. Akimoto, *Curr. Opin. Biotechnol.*, **54**, 50–56 (2018).