



光合成反応に関連する材料 を利用するために

名古屋工業大学大学院 工学研究科
近藤 政晴

生物が行う光合成反応の初期段階では、タンパク質とクロロフィルなどの色素分子との複合体が太陽光エネルギーを効率よく集める光捕集や集められた太陽光エネルギーを電気化学エネルギーへと変換する電荷分離反応において大きな役割を果たしている。このような光合成生物内部ではたらく材料を人工的に利用する研究に関してここでは述べたい。光が関わる反応の主役は色素分子であり、一方、タンパク質は色素分子が最大限に機能発現をするようにサポートする“縁の下の力持ち”というのが私のイメージにある。この縁の下の力持ちタンパク質が、同じクロロフィル色素分子を異なる三次元配列に置くことで、光捕集や電荷分離反応の異なる機能を発揮させること、光合成生物内部ではたらく高性能な材料を取り出し人工的に利用することに学生時代の私は興味を持ち、専門の異なる研究者の手助けによって現在に至っている。

このタンパク質-色素複合体は、高い疎水性を示すことが多く、生体内では脂質膜に埋め込まれている膜タンパク質に該当する。世間一般に知られている Z-スキームを構成する光化学系 I、光化学系 II も膜タンパク質で構成される。膜タンパク質は、水溶性タンパク質に比べて、単離精製するには界面活性剤を必要とする。界面活性剤の種類、濃度を変えると膜タンパク質の機能は失われてしまう(失活する)ため、膜タンパク質は、扱いにくい材料 分子の部類に入ると思う。しかしながら、電荷分離反応を行なう反応中心タンパク質は、ナノスケールの光電変換素子としてみなすことができる魅力的な分子素子であるため、これまでに複数の研究グループが、この反応中心タンパク質を導電性基板表面に固定化し、光誘

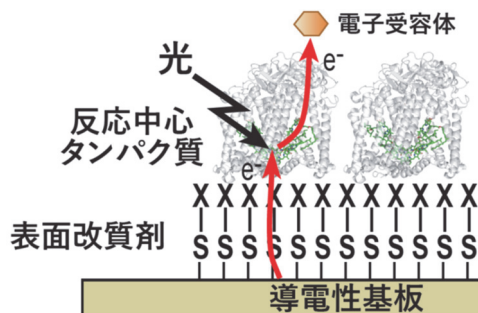


図1 光合成細菌由来の反応中心タンパク質が導電性基板上ではたらくイメージ図

起電流を取り出すことを試みてきた(図1)。はじめは基板上に天然の反応中心が用いられ[1]、次に遺伝子組み換え技術により、ランダムな配向で固定化されていた反応中心タンパク質は、配向をそろえる試みがなされた[2]。近年では、反応中心タンパク質と高い効率で電子の受け渡しが可能な材料分子と組み合わせた反応中心タンパク質の多層化、多孔質化された高い表面積基板、基板表面の改質技術などを利用し高い光誘起電流がいくつか報告されている[3]。しかしながら、数年スパンでタンパク質を継続利用することは難しく、光合成反応の高い機能を利用しようとするとき色素分子のみで構成された論文発表が圧倒的に多いことは明らかである。生物内で日々保守点検されている反応中心タンパク質を外部的に取り出し、生体内の環境とは大きく異なる基板表面で無理やり(?) はたらかせる現状を考えると、基板表面で気持ちよくはたらいてもらおうような生物内に合わせた環境づくり、もしくは、基板表面で生体内と同じようにはたらくように反応中心タンパクを作り変えるかという、飴と鞭に思えてならない。。。

[1] A. F. Janzen et al, Nature 1980 286, 584 など

[2] N. Lebedev et al, JACS 2006, 128, 12044, M. Kondo et al., Biomacromolecules, 2012, 13, 432 など

[3] C. Dmitri et al., JACS 2017, 139, 16478 など