



光化学系タンパク質を生体部品として応用する

東京大学 宮地 麻里子

今回東京理科大学理学部の鞆達也先生にご紹介いただき、News Letter を書かせていただく運びとなりました。光化学系タンパク質 I、II (PSI、PSII) をご専門とする鞆先生が 2011 年秋に私の所属する東大理学部西原研にご訪問された時からのご縁で共同研究をさせていただいております。

自然界の光合成の量子収率はほぼ 100% であり、その効率の良い光電変換を模倣した人工系システムの開発が盛んに行われています。一方で、PSI、PSII の性能を活かして直接生体部品として用いる研究に注目が集まっています。PSI と PSII を比べた場合に、比較的頑丈でかつエネルギーの高い PSI は部品として使いやすいため、光電変換素子として使用する場合に好まれる傾向にあります。

PSI、PSII を生体部品として使用する際の問題点としては、(1)耐久性の向上、(2)配向性、(3)電子伝達経路の確保、の三つが挙げられます。

(1)耐久性の問題点に関しては、系内に保存料を添加することで耐久性は向上するものの、失活しやすく光や熱に弱い点に関してはまだまだ改善が必要となっています。

(2)Native の PSI、PSII を用いた際にいかにして配向を揃えるかという点は現在でもホットな研究課題となっています。反応中心の電子伝達経路の末端が存在する Stroma 側、Lumen 側のどちらかが電極側に接するような配向であれば、問題なく電子伝達が起こるものの、PSI、PSII の側面 (図 1 (a)) が電極に接するような電極構造となった場合、この側面部分はほぼ絶縁性であるため電子伝達が起こりにくくなります。このため、いかにして配向の揃った電極を作製できるかが課題となります。電子伝達経路中に人工分子ワイヤを組み込み、配向を揃える手もあります。例えば PSI の電子伝達経路

中のキノンポケットにあるビタミン K₁ を人工分子ワイヤに置き換えることで、電子移動の向きと配向を確実に制御できます (図 1 (b))。¹ その他、電子伝達経路末端付近を遺伝子改変してコネクタを接続する方法も報告されています。²

(3)PSI、PSII の外に電子を取り出した際に、PSI、PSII と電極との間に電子伝達経路が無かったり、抵抗値が高かったり、距離が長かったりすると、そこが律速段階となり系全体の光電変換効率が下がってしまいます。そこで、電子伝達経路を確保する手段として Stroma 側や、Lumen 側の電子伝達経路末端と電極間を接続するようなコネクタ分子の導入、あるいは電子伝達を媒介する mediator を存在させるという方法があります。例えば、光合成中で mediator として働いている Cyt c やキノン誘導体を溶液中に取り入れたり、電極構造の中に取り込んだりすることで反応律速を軽減する取り組みが行われています。

上記の 3 点についての解が見つかったら、光化学系を生体部品として用いたデバイスの実用化への目途がいつてくるのではないかと考えています。

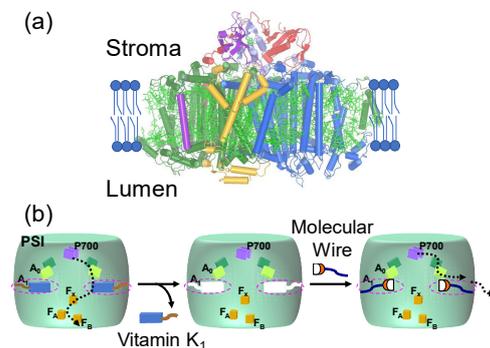


図 1 (a) PSI 側面図、(b)人工分子ワイヤを用いた PSI 再構成

1. M. Miyachi, H. Nishihara, et al. *Chem. Commun.* **2010**, 46, 2557–2559.
2. T. Tomo, M. Miyachi, et al. *Photosynth. Res.* **2017**, 133, 155–162.