



脂質ナノディスクを用いた 光合成蛋白質研究

福岡大学 山野 奈美

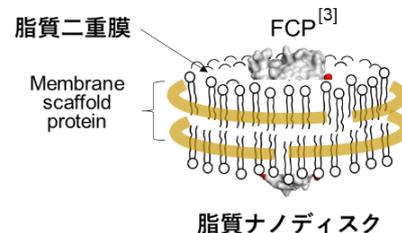
この度は寄稿の機会を頂きありがとうございます。本稿では、私が北京でのポストドク時代に行っていた、脂質ナノディスクを用いた光合成アンテナ蛋白質の研究について紹介させていただければと思います。

学生時代の私は、大阪市立大学にて光合成アンテナ蛋白質における、色素蛋白質間相互作用や、pH等の生理学パラメータが結合色素の励起状態に与える影響について研究を行っていました。はじめ、太陽光の吸収という最も大事な役割を担うのだから、きっとアンテナ蛋白質は、洗練された構造を持ち、どんな環境の変化にもゆるがない不変無敵の分子なのだろうと想像していました。しかし研究を進めるうちに、周辺環境に敏感で柔軟な構造をしており、またこの性質が、変動する太陽光の強度に応じて反応中心へ供給するエネルギー量を調節する鍵になっていることがわかりました。

一般的に、光合成蛋白質の機能評価は蛋白質を界面活性剤ミセルとして水中に分散させた状態で行われます。しかしイオンの侵入度や蛋白が受ける側方圧力の点で、ミセル系は光合成膜内の脂質環境とは異なります。周辺環境に敏感なアンテナ蛋白質にとって、ミセル系で調べられてきた光捕集機能が、どの程度生体内での挙動を反映しているのか疑問に思いました。そこで学位取得後、プロポーザルを書き、北京にある人民大学で脂質ナノディスクを用いた光合成アンテナ蛋白質の研究を開始することにしました。脂質ナノディスクとは、蛋白質を8-50 nmの直径を持つ円盤状脂質二重膜にトラップしたシステムです。生体膜模倣系として主流であるリポソームでは、膜内にある蛋白質間相互作用を完全にはコントロールできないため、個々の蛋白質がヘテロな環境に置かれることとなります。しか

しナノディスクの場合、ディスク径を調節することで1分子の蛋白質のみを含んだ均一なサンプルを作ることができ、脂質環境下のアンテナ蛋白質の分子機能を研究するには最適な系と言えます。

ナノディスクは、単離した蛋白質に脂質、界面活性剤、ベルト蛋白質を混ぜた反応溶液を作り、そこから界面活性剤を取り除くことで自己集合的に形成されます。光合成蛋白の場合、用いる脂質の選択が重要です。経験上、種類の脂質で調製すると、蛋白質と脂質の立体構造がよほど合っていない限りは、脂質が光合成蛋白とベルト蛋白の間で無秩序に並び、結合色素が蛋白外へ溶かし出されてしまいます。そのため、アズレクチンや光合成膜から抽出した脂質画分など、様々な分子構造の脂質を含んだ混合物を用いるのが肝となります。これによりディスクが最も安定になる分子が自己集合過程で選抜され、インタクトな状態で光合成蛋白をディスク中へ導入することが可能になります。得られたナノディスクの光捕集機能は、マイクロ秒領域の過渡吸収スペクトル等を用いて調べました。すると予想通り、脂質層との相互作用によりもたらされた色素のわずかな配置変化が、結合色素間のエネルギー移動経路と効率を変化させていることがわかりました[1, 2]。現在、ナノディスクを光合成蛋白質に適用した例は限られていますが、今後様々な蛋白質で用いられるようになれば、膜内で起こる一連の光合成反応を、より正確に説明できるようになるのではないのでしょうか。



[1] N.Yamano et al. *J. Phys. Chem. B*, 2022, 126, 2669-2676 [2] N.Yamano et al. *J.Photochem. Photobiol. Chem. A*, 2024, 451, 115533 [3] PDBID: 6a2W