



天然は非対称がお好き？

立命館大学 浅井智広

天然の光化学系反応中心複合体は、光合成細菌の光化学系 I 型反応中心を除き、全てがヘテロダイマー構造のコアタンパク質をもつ「ヘテロダイマー反応中心」です。ヘテロダイマー反応中心はホモダイマー構造のコアタンパク質をもつ「ホモダイマー反応中心」から進化したと考えられています。その歴史は極めて古く、約 30 億年前には既にヘテロダイマー反応中心が成立していたようです。なぜ反応中心はヘテロダイマー化したのでしょうか？一方、光合成細菌の光化学系 I 型反応中心は、約 30 億年以上もヘテロダイマー化しないままなののでしょうか？筆者はこの「反応中心のヘテロダイマー化問題」に真正面から向き合っています。

最近、分解能 2.2Å のヘリオバクテリアのホモダイマー反応中心の結晶構造 (PDB ID: 5V8K) が米国アリゾナ州立大学のグループによって報告されました (C. Gisriel et al. *Science* **357**, 1021-25)。ホモダイマーの 2 回対称軸と結晶学的 2 回対称軸が一致しているので、このホモダイマー反応中心は名実共に完全に対称です。このホモダイマー反応中心の電子伝達鎖には、光化学系 I とは違う特徴が 2 点見られます。ひとつは、キノン電子受容体が存在しないこと、もうひとつは A_0 と F_x の間の距離が光化学系 I よりかなり短いことです (図 1)。これは、キノンを介さずに電子が A_0 から F_x へ直接飛ぶことを意味します。実際、結晶化に使用された標品では、HPLC 分析でキノンは検出されませんが、過渡吸収測定では A_0 から F_x への 1 ns 以内の電子移動が観測されています。

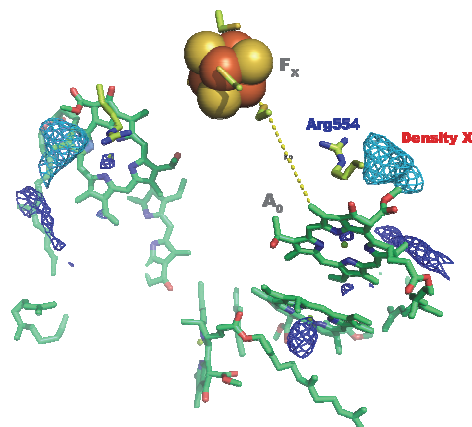


図 1 ヘリオバクテリアの反応中心の電子伝達鎖と Fo-Fc マップ

ここまでの情報だと「ホモダイマー反応中心にキノン電子受容体はない」と言えそうですが、事はそう単純ではありません。実はこの結晶構造には、光化学系 I から予測したキノン結合部位の極近傍に未同定の電子密度 (図 1、水色のメッシュ) が存在します。また私たちのグループは、同じヘリオバクテリアの反応中心で、HPLC 分析でキノンが検出される標品を調製し、極低温 EPR でキノンの還元信号を検出しています (T. Kondo et al. *JPCB* **122**, 2536-43)。この矛盾はいったい何を意味するのでしょうか？さらにこの結晶構造では、機能が対称性に制約されるような特徴はみられず、30 億年もの間ホモダイマー構造を保っている意義は全く見出せません。つまり「反応中心のヘテロダイマー化問題」は依然として暗中模索状態にあります。

今筆者は、「ホモダイマー反応中心のキノンの機能問題」と「反応中心のヘテロダイマー化問題」は実は同じ原因をもつ現象ではないかと考えています。残念ながらこのニュースレターでは筆者の作業仮説の詳細を書き切れませんが、読者には是非今後の展開にご期待いただきたいと思います。