

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 生体量子コヒーレンス顕微分光：本当に量子効果は生命を駆動するのか？

2. 個人研究者名

近藤 徹（東京工業大学生命理工学院 講師）

3. 事後評価結果

本研究では、光捕集過程で生じる励起エネルギー移動が高効率かつ安定している光合成系、特に光合成系を構成する複数の色素分子が相互作用して形成する励起量子状態に焦点を当て、生体系の揺らぎと量子効果の関係を明らかにするため、1分子・1タンパク質レベルでの超高速光物理現象の測定を目指した。

[どのような量子性をどのように扱ったのか]

- ・光合成タンパク質の光捕集に関わるエネルギー移動と励起量子状態。
- ・1分子レベルをフェムト秒時間分解分光法で解析。

[達成状況とインパクト]

近藤研究者は、フェムト秒時間分解が可能な2パルス pump-dump 顕微鏡を開発し、光合成アンテナタンパク質であるアロフィコシアニン（APC）を測定することにより、1タンパク質内で生じる励起エネルギー移動の解析に成功している。APCは標準試料として利用できる汎用性の高い蛍光性タンパク質であり、これを上手く利用して1分子レベルでのエネルギー移動を初めて解析し、励起子のコヒーレント状態がエネルギー移動の安定化に寄与することを示唆できたことは高く評価できる。また、蛍光検出型の pump-dump 法は試料の光退色が課題となっていたが、この課題に対して近藤研究者は、吸収検出を用いる pump-probe 法の装置を検討し、吸収スペクトル測定に向けて可視光域の波長可変光源を開発するなど、吸収顕微分光の基盤技術の確立に向けて着実に検討を進めた。1分子・1タンパクの計測を可能とする顕微鏡装置はアップグレードしつつ成果を積み重ねており、それらの成果は原著論文として発表するなど、当初の目標は十分達成されたと判断する。一方で、実際の実験系でナノメートルの空間分解能を実現するにはかなり高い壁があり、単一分子の吸収測定に必要な精度を得ることもチャレンジングな課題と思われる。今後これらの技術的問題を克服する新しいアイデアに期待したい。近藤研究者はエネルギー移動の空間マッピングについても検討を進めており、2焦点スポットの空間走査を行うことができる多焦点顕微の作製にも取り組んだ。この過程において同氏は、生命科学系の研究者と積極的に連携を進め、緑色硫黄細菌が持つ巨大なアンテナ分子・クロロソームの模倣体である1次元ナノチューブ分子、ヘリオバクテリアのRC (hRC) などへも計測対象を広げた。1次元分子の解析による量子状態の寄与、タンパク質の構造的な揺らぎによる動的効果に対する量子状態の寄与についても計測を計画するなど、異分野融合を目指す本さがけ研究領域において模範となる連携を進めている。なお、近藤研究者はさがけ専任研究者として本研究を始めたが、さがけ研究期間中に東京工業大学のテニュアトラックポストを獲得できたことも喜ばしい。

本技術がどのような生命活動・分子挙動への計測に応用できるかの方向性について、近藤研究者は、励起量子状態などの量子状態と光合成光反応がどのように相関するかを明らかにすることで、人工光合成分野の高効率光電変換デバイス開発において新しい設計指針が提供できると考えている。今後、「励起状態の量子コヒーレンスを介した光エネルギー移動が、光合成反応のエネルギー変換効率にとって真に重要なのかを実験的に検証する。」という当初の意識を持ち続け、さらに躍進されることを期待したい。