

量子技術を適用した生命科学基盤の創出
2018年度採択研究者

2020年度 年次報告書

菅 倫寛

岡山大学 異分野基礎科学研究所
准教授

量子ビームが拓く光合成膜タンパク質のマルチモーダル構造解析

§ 1. 研究成果の概要

本研究では量子ビームの特性を活かし、光合成膜タンパク質複合体の光化学系 II(PSII)を対象として、活性中心を構成する金属の価数とスピン状態の情報を与え、かつ、原子レベルの立体構造をフェムト秒時間で解析することのできる技術を開発することを目指している。2019 年度にサンプル調製の見通しが立ったので 2020 年度はシリアルフェムト秒構造解析に取り組んだ。

はじめに室温状態での S2 状態の構造解析を試みたが、微小結晶を移動させる粘性の媒体であるグリース中で光の散乱が起きることが判明した。そこでグリース中の光の散乱する範囲を決定するために励起レーザーと X 線自由電子レーザーの照射タイミングをスワップし、試料の流速を変化させて励起レーザーと X 線自由電子レーザーの照射位置をできるだけ離れた。散乱光の影響は光照射により構造変化する PSII 内部の水分子に注目して、差フーリエマップを解析することで算出した。続いて、この実験により決定した光散乱範囲に基づいて、室温で S2 状態の回折データを収集し、2.4-Å の原子分解能で立体構造を決定した。

立体構造を解析した結果、S1 から S2 状態に至る過程の室温での構造変化が明らかになった。水分解反応の触媒部分であるマンガクラスターの構造変化は、低温で解析された結果と同じであった。これに対して、ルーメン側からマンガクラスターに繋がっている二つの水チャンネル(O1 チャンネル、O4 チャンネル)では水分子の構造変化が低温での解析結果と異なっていた。O1 チャンネルではマンガクラスターと水素結合する水分子を含む幾つかの水分子が、励起光照射後の 10 ミリ秒後において不安定な揺らいだ状態に変化することが判明した。このことは O1 チャンネルが反応に必要な水分子を取り込むための経路として使われていることを支持するものである。

【代表的な原著論文情報】

1) H Li†, Y Nakajima†, T Nomura, M Sugahara, S Yonekura, SK Chan, T Nakane, T Yamane, Y Umena, M Suzuki, T Masuda, T Motomura, H Naitow, Y Matsuura, T Kimura, K Tono, S Owada, Y Joti, R Tanaka, E Nango, F Akita, M Kubo, S Iwata, JR Shen*, and M Suga*. Capturing structural changes of the S1 to S2 transition of photosystem II using time-resolved serial femtosecond crystallography, *IUCrJ*, 8, 431-433 (2021).