

## 研究テーマ

### μSR の生命機能解析への展開

菅原洋子

#### [目的]

生命系の機能に係る研究は、固体レベルを対象とする古典的生物学から始まり、分子レベルでの解析を主眼とする生化学、遺伝子解析へと進展しました。直近においては、自由電子レーザー、クライオ電子顕微鏡などの新しい手法が台頭し、構造生物学に立脚した機能解析に新たな展開がみられます。

一方、素粒子の一つであるミュオンは、正または負の電荷と偏極したスピンをもち、物質に打ち込まれたのちのスピン偏極の変化は、物質内のミュオン周辺部位の機能情報を反映することから、物性物理学、反応化学などの分野で、研究に活用されてきました。生命科学分野においても、μSR（ミュオンスピン共鳴・回転・緩和法）を用いた永嶺らのタンパク質における電子移動のモニターや(K. Nagamine *et al.*, *Physica B*, **289-290** (2000) 631. 他)、Bossoni らのアルツハイマー病に係るフェリチンの研究(L. Bossoni *et al.*, *J. Phys.: Condens. Matter*, **29** (2017) 415801.) など挑戦的な取り組みが報告されています。しかし、生命科学に対する研究手段として、まだ、承認されているとはいえない状況にあります。そこで本研究では、μSR の実験的研究と、第一原理計算を併用し、μSR の生命機能解析法を確立することを目的とします。

#### [方法]

1. タンパク質試料からの μSR シグナルの解析には、タンパク質中のミュオンの停止位置の情報が不可欠ですが、まだ、その詳細は不明です。タンパク質の主要構成単位のミュオン緩和スペクトルの測定と、第一原理計算により、タンパク質中のミュオンの停止位置および停止時の状態（ミュオンかミュオニウムかなど）を決定します。得られた結論を確認するために、ミュオン回転スペクトル、準位交差共鳴などの手法を合わせ用いることを予定しています。
2. 蛋白質の様な複雑な系においては、光照射、電場印加などと同期した測定に基づく差スペクトル解析は有効な手段ですが、高精度のデータが要求されます。光合成系、光誘起プロトンポンプの構造生物学的研究の専門家、ミュオン実験装置の専門家との共同研究として、光電子移動、光プロトン移動など光をトリガーとした機能発現の解析のために有効な μSR 実験条件を確立します。
3. 現在のミュオン科学の生命機能解析への展開に対する一つのボトルネックとして、測定試料の量の軽減という課題があります。現状では数百ミリグラムオーダーの試料が要求されますが、このスケールは生命物質研究になじみません。J-PARC/MLF における光源強度の増強、ビームの集光効率の向上などを有効に利用することにより、1 桁から 2 桁のスケールダウンを実現するとともに、将来的に超低速ミュオン顕微鏡の利用による 3 桁のスケールダウンへとつなげる手法を検討します。

#### [期待される成果]

光化学系 II (PSII) などについて、光照射実験の試みが、既に J-PARC/MLF においてスタートしています。ミュオンの特性を生かし、結晶構造解析や分光法とは異なる視点から、タンパク質内の電子の移動速度や、ラジカル形成・消滅速度などの機能情報を収集することが可能になると期待されます。