

(様式 1-1)

提出日：2026 年 5 月 11 日

2025 年度 大阪大学蛋白質研究所 拠点事業

研究成果報告書

(1) 事業名（下記より該当事業名を選択し、ほかは削除してください。）

共同研究員

(2) 研究代表者

氏名：加藤 賢

所属機関名・部局名・職名：自然科学研究機構 岡崎連携プラットフォーム スピン生命コア /
生命創成探究センター 特任助教

(3) 研究課題名（申請時に記載したものと同一課題名を記入してください。）

タンパク質特異的な常磁性スピンプローブの開発

(4) 蛋白質研究所受入担当教員

教員名：松木 陽 （研究室名：機能構造計測学グループ）

(5) 研究成果の概要

*背景および目的、方法と結果について、公開して差し支えない範囲で記載。

(背景および目的)

磁気共鳴（NMR）技術は化学、物理学、生物科学といった自然科学分野への利用のみならず、磁気共鳴画像法（MRI）による生体イメージングにも応用され、医学、生理学分野においても不可欠な技術となっている。例えば、生命科学分野ではタンパク質と相互作用する小分子（リガンド）の結合部位や親和性の評価が行われている。従来的には ^{13}C と ^{15}N に同位体標識したタンパク質を用いた多次元展開した NMR スペクトルから生体高分子の立体構造解析情報やリガンドと相互作用する部位の特定や濃度依存性から親和性の評価が行われている。しかし、通常の NMR 測定では核のゼーマンエネルギーが小さいため、熱分極による信号感度が非常に小さいため、生理環境程度の濃度のサンプルの測定が困難であるという課題がある。この課題を解決する手法として動的核分極（DNP）-NMR 法が挙げられる。DNP 法は磁気回転比の大きい電子スピンの熱分極を核スピンの核スピンに移すことにより NMR を高感度に測定する手法である。DNP の分極剤にはニトロキシドラジカルに代表されるような有機ラジカルが広く使われているが、その反応性の高さから例えば細胞内といった還元的環境ではラジカルが素早く失活するといった問題がある。本課題では耐還元特性のあるナノダイヤモンド（ND）の表面電子の常磁性を用いた DNP 分極剤を開発することで細胞内・生体内といった還元環境においてタンパク質の機能を解明する分子プローブへと展開を目指す。

(方法と結果)

ND 表面の不対電子による DNP の増幅率の違いを明らかにすることを目的に、NMR/ESR による緩和時間測定を行った。高い DNP の増幅率をもつ ND は電子スピン/核スピンの緩和時間が長いという特徴を持っていた。また、化学的な起源を調べるために固体 ^1H -NMR および FT-IR を実施した。ND 表面の化学種の差異は明確となったが、DNP 効率との直接的な相関は認められなかった。