

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

香川 晃徳

大阪大学 大学院基礎工学研究科／先導的学際研究機構
助教

生体内反応による核スピン量子もつれ生成の検証

§ 1. 研究成果の概要

本研究では近年提案された生体内反応によって ^{31}P スピンの量子もつれが生成されるという新現象(QDS:Quantum Dynamical Selection)の実験的な検証を目指している。QDS は小分子中の 2 つの核スピンのシングレット状態か、トリプレット状態であるかに依存して、酵素による化学反応が核スピン選択的に起こるとい現象である。QDS を実験的に検証するために、動的核偏極と量子もつれ状態である核スピンのシングレット状態の生成をコア技術として用いる。動的核偏極(DNP: Dynamic Nuclear Polarization)は不対電子スピンを持った分子を用いて、興味対象分子の核スピンの向きを揃える(高偏極状態)手法である。人工的に作り出した核スピンの向きが揃った状態を用いることで QDS の検証を行う。

本年度は、1K 程度で DNP 実験を行った後に、室温での酵素反応実験を行う液体 NMR 用の超伝導磁石に試料を転送する装置開発を行った。DNP と NMR を行う 2 つの超伝導磁石間は 7m 離れており、この磁石間の転送中での高偏極状態を維持する必要がある。そのため的高速な試料転送装置とゼロ磁場を通過による緩和を抑制するための磁場トンネルを作製した。0.8MPa の圧縮ヘリウムを用いることで 300ms での転送に成功した。また磁場トンネルは永久磁石とソレノイドコイルを組み合わせて作製した。 ^{31}P スピンを 2 スピン系であるピロリン酸を高偏極化した後、転送・溶解し、液体 NMR を測定した。その結果、9.4 Tesla の熱平衡状態と比較して約 800 倍の偏極率 1% の ^{31}P スピン信号を得ることに成功した。また様々な条件での DNP によって得られる信号強度を比較することでスピン偏極移動メカニズムを解析した。今後は実験系の改良や実験条件の最適化によって QDS 検証に必要な 10%以上にした状態を用いて酵素反応実験を行う。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Room-temperature hyperpolarization of polycrystalline samples with optically polarized triplet electrons: pentacene or nitrogen-vacancy center in diamond?”, Magn. Reson., 2, 33-48, 2021