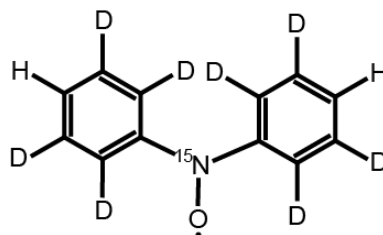


3C03

パルス ELDOR-NMR法による分子内スピン状態の量子制御

(阪市大院理¹, 阪大院理², 阪大院基礎工³, FIRST⁴) ○田中 彩香¹, 佐藤 和信^{1,4}, 吉野 共広¹, 西田 辰介^{1,4}, 中澤 重顕^{1,4}, Robabeh Rahimi¹, 豊田 和男^{1,4}, 塩見 大輔^{1,4}, 森田 靖^{2,4}, 北川 勝浩^{3,4}, 工位 武治^{1,4}

【序】我々は、分子スピン量子コンピュータの実現を目指し、マイクロ波 (MW) パルスやラジオ波 (RF) パルスによる電子スピン磁気共鳴技術を用いて、分子のスピン量子状態を人為的に制御する (スピン量子状態制御) 研究を進めている。高精度のスピン制御技術を確立することにより、分子スピンを利用する量子情報科学への展開が進展するものと思われる。これまで、安定ラジカルがもつ電子スピン及び核スピンを対象にパルス電子-核二重共鳴 (ENDOR) 技術を適用することにより電子-核スピン系における量子絡み合い状態の生成と検出を行ってきた[1-4]。その中で、核スピン状態の操作の代わりに電子スピン状態をMWパルスで操作しても、電子-核スピン系の量子状態変換が実現できることを示唆してきた[3]。パルスENDOR法による量子状態制御では、高強度のRFパルスを用いたとしても核スピンの状態変換には数マイクロ秒オーダーの時間を要するが、MWパルスではナノ秒オーダーで変換が可能になるためにメリットが大きい。また、MWパルスは高強度パルスであるため、 g_n 因子の小さい核も扱うことができると期待される。今回、2種のマイクロ波周波数を用いるパルス電子-電子二重共鳴 (ELDOR) 法を適用することにより、電子-核スピン状態のMWパルスによる状態制御技術の開発と高速制御を目的として、ジフェニルニトロキシドの希釈単結晶を用いた単結晶パルスELDOR法による電子-核スピン量子状態の評価法を検討した。



同位体置換ジフェニルニトロキシド

1

【実験】実験には、窒素同位体及び重水素で部分的に標識化したジフェニルニトロキシド 1 を重水素化ベンゾフェノン単結晶 (ホスト分子) 中に希釈した混晶単結晶を育成して用いた。測定には、Bruker BioSpin 社製 Elexsys E580 に、共同開発したコヒーレントデュアルマイクロ波パルス照射

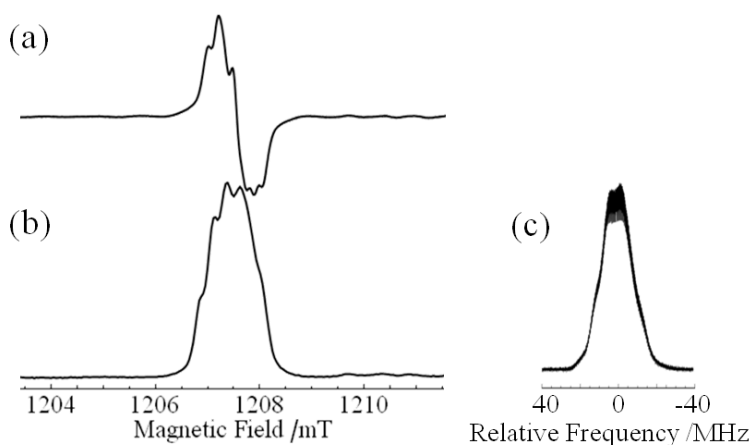


図1 分子 1 の単結晶 ESR スペクトル(a)、FID 検出磁場掃引 ESR スペクトル(b)、FID 検出周波数掃引 ESR スペクトル(c)

システムと高出力マイクロ波増幅アンプを組み込んだQバンドパルスELDOR分光器を使用した。試料の温度は、home-designed のOxford社製Optistat SXMクライオスタットを用いて制御した。

【結果と考察】図1(a)~(c)に、静磁場が重水素化ベンゾフェノン単結晶の**b**軸に平行に配向させた方向で観測した分子**1**の単結晶cw及びパルスESRスペクトルを示す。スペクトルの超微細結合分裂は、窒素同位体(^{15}N)及び2つの水素核スピンの由来する。図1(c)は、 $B_0 = 1207.5 \text{ mT}$ の静磁場下で第2マイクロ波周波数を $33945.018 \pm 40 \text{ MHz}$ の範囲で掃引したものである。このスペクトルは、第2マイクロ波を第1マイクロ波と位相同期をとることにより初めて実現したものである。

図2に、図上部に示す3パルス系列を用いて測定した第2マイクロ波周波数掃引スペクトルの磁場依存性を示した。各色は挿入図に示すEcho検出磁場掃引スペクトルの矢印の色に対応しており、矢印で示す磁場で観測したELDOR-NMRスペクトルである。各磁場における観測する許容遷移のエコー強度の変化を、第2マイクロ波パルスの周波数依存性として観測され、近傍の異なる遷移が誘起されることを示している。赤色と青色で示したスペクトルの比較より、異なる磁場で観測したスペクトルは、楕円○で示したように異なることを示している。中央の磁場で観測した紫色のスペクトルでは赤、青色で観測される遷移が現れており、同時に観測されたものと思われる。現在、ELDOR-NMRスペクトルの角度依存性の測定を行い、スペクトルの帰属とELDOR効果の定量的な解析を進めている。これにより、第2マイクロ波パルスによるELDOR効果と電子-核スピン状態の関係を明らかにし、マイクロ波による電子-核スピン状態の量子状態制御と評価を目指している。

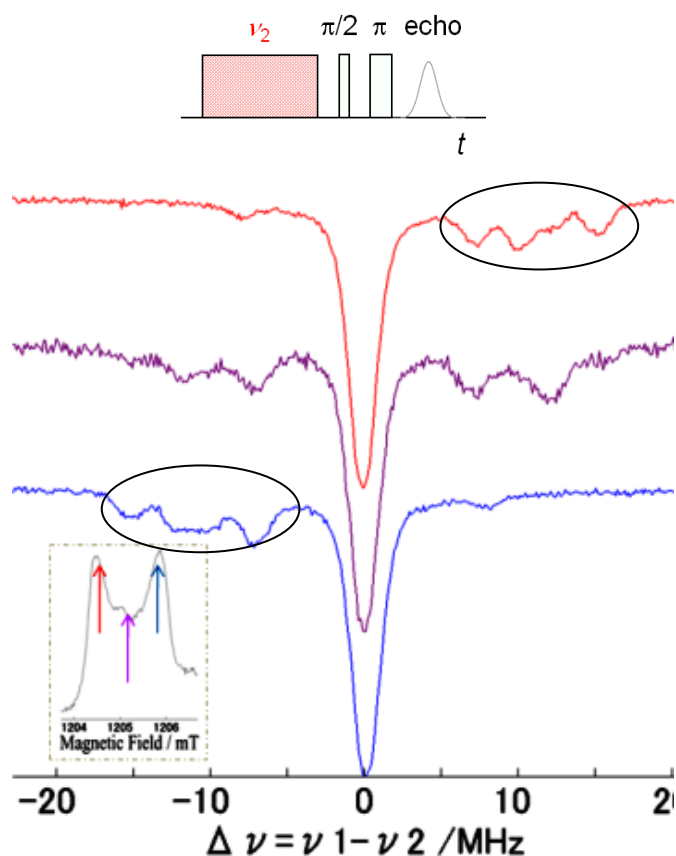


図2 分子**1**のエコー検出ELDORスペクトル
 $T = 100 \text{ K}$, $\nu_1 = 33945.018 \text{ MHz}$

【文献】

- [1] R. Rahimi, K. Sato, T. Takui et al., *Int. J. Quantum Inf.*, **3**, 197-204(2005).
- [2] K. Sato, R. Rahimi, T. Takui et al., *Physica E*, **40**, pp.363-366(2007).
- [3] K. Sato, S. Nakazawa, T. Takui et al., *J. Mater. Chem.*, **19**, pp.3739-3754(2009).
- [4] T. Yoshino, K. Sato, T. Takui et al., *J. Phys. Chem. Lett.*, **2**, pp.449-453(2011).