

超核偏極ナノ空間の創出

代表研究者 楊井 伸浩
九州大学大学院 工学研究院 応用化学部門 准教授

共同研究者 細山田 将士
九州大学大学院 工学府 物質創造工学専攻 博士後期課程 2 年

共同研究者 藤原 才也
九州大学大学院 工学府 物質創造工学専攻 修士課程 1 年

研究要旨

原子が持つ微小な磁石である核スピンの振る舞いを電磁波の吸収・放出から観測することで、分子の構造や運動性を非破壊的に分析することができます。この技術は、化学の分野では核磁気共鳴 (NMR) 分光法、医療の現場では磁気共鳴画像法 (MRI) として欠かせないツールとなっています。しかし、これらの感度は他の分析法と比較すると非常に低く、例えば MRI では主に生体内に膨大に存在する水分子の ^1H 核の画像化に限定されています。

感度が低い原因は核スピンの低い偏極率ですが、その偏極率を向上させる技術が動的核偏極 (Dynamic Nuclear Polarization; DNP) 法です。中でも、特定の分子 (偏極源) を光励起し、三重項電子に出現する大きな偏極を核の偏極へと移行する Triplet-DNP 法は、核スピンの偏極率を室温で大幅に向上できるため近年注目を集めています。しかし従来の Triplet-DNP 法は、高感度化したい生体分子を取り込むことが難しい有機結晶、もしくは室温で偏極を蓄積することが難しいガラス中でのみ行われており、高感度 MRI への応用は制限されていました。

今回の研究において、室温における生体分子の高感度 MRI 観測に繋がるナノ多孔性材料の核偏極化を行いました。多孔性材料として近年注目を集める多孔性金属錯体 (MOF) を用い、Triplet-DNP によって MOF 骨格の ^1H 核を室温で高偏極化することに成功しました。偏極が保たれる時間を長くするため部分的に重水素化を施した MOF に新たに設計した偏極源 (ペンタセン誘導体) を導入し、得られた複合体に対して光照射による電子スピンの偏極の生成とマイクロ波照射による ^1H 核への偏極移行を行いました。この Triplet-DNP 処理後に複合体の NMR 信号強度に明確な増強が見られ、MOF 骨格の ^1H 核が約 50 倍高偏極化されたことが確認されました。

MOF は構成分子や金属イオンの種類によって容易に細孔サイズや表面特性を制御可能であるため、本研究で初めて実証された Triplet-DNP による MOF の高偏極化は、今後様々な生体分子を細孔内で高偏極化し、高感度 MRI 観測を可能にするシステムの開拓へと繋がることが期待されます。