

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 磁場応答光プローブを用いた磁場による断層選択光イメージング

2. 個人研究者名

萬井 知康（コネチカット大学化学科 アシスタントプロフェッサー）

3. 事後評価結果

本研究では、磁場により発光の制御が可能な分子プローブを開発し、そのプローブを用いて生命科学イメージングへの応用を可能にするような新イメージング技術の創出を目指した。

[どのような量子性をどのように扱ったのか]

- ・ラジカル対内における項間交差の磁場応答性を利用した分子発光の低磁場制御
- ・インテンシティ・ボローイングで長距離ラジカル対に発光性付与

[達成状況とインパクト]

萬井研究者は、モデル分子における磁場による発光性制御に向けて、インテンシティ・ボローイングと呼ばれる量子効果に着目し、長距離ラジカル対の電荷再結合において CT 発光が起きる分子群を開発することに成功した。モデル分子のドナーとアクセプターの酸化還元電位、ブリッジ分子の長さなどを調節することで、常温・溶液中でラジカル対の距離が最大 24Å 離れている分子システム（一分子では現在最長）でも CT 発光が起こることを確認するに至っている。また、これらの分子群では常温かつ目標の磁場強度において発光に顕著な磁場効果は見られなかったため、さらに新しい分子群を開発し、それら分子の遅延蛍光において顕著な磁場効果を確認した。それらの過程において、分子中の修飾基と溶媒の極性を変えることで、ラジカル対のエネルギーが変化することを利用して、ラジカル対内のスピン状態のエネルギー差を制御できることを示し、分子プローブの発光に影響を与える磁場強度の制御（磁場応答性の制御）を実証した。交換相互作用 (2J) を見積もった点や磁気応答光プローブをうまく設計して 2J を調整することにも成功している。特に遅延蛍光の磁場効果が室温で見られた成果はインパクトがあり、光吸収分子の選択や分子設計などでは萬井研究者のセンスを感じられ、これまで報告されていたものより桁違いに大きな値である。その定量的な理解は、物理化学分野などでも学術的に重要であり、今後の応用が期待できる分子を実現できている。開発したモデル分子で発光の磁場による変化をイメージングできることを確認した点は、おそらく一番基礎となるところが確認できているようである。この技術は全く新規なイメージング手法なので、新たな生命現象を見つけるような発展を期待したい。このように、長距離 CT 発光の実現、遅延傾向における磁場効果などで顕著な成果を上げており、原著論文など発表も多く、当初の目標は十分達成されたと判断する。

本技術がどのような生命活動・分子挙動に計測できるかの方向性について、萬井研究者は、ラジカル対内の項間交差が磁場により変化する量子性生かした光プローブを用いた生体の膜タンパク質解析や断層選択イメージングを挙げている。全く新規なイメージング手法なので、今後、新たな生命現象を見つけるような発展を期待したい。

(2021年9月追記 萬井研究者のコロナ延長6ヶ月に関する事後評価)

本課題は、新型コロナウイルスの影響を受けて研究期間を6ヶ月間延長し、分子合成とイメージング実験を計画した。

その結果、CT 発光が起きる新たな分子群の合成に成功した。さらに、生体イメージング手法への応用を検討するためのゲル溶液中における CT 発光の磁場制御とイメージングについてのデータが得られている。延長により、磁場による光プローブの発光性制御の実用化についてより一層後押しする成果が得

られつつあり、それらの成果についても原著論文の発表につなげていただきたい。