

量子の状態制御と機能化
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

今田 裕

理化学研究所 開拓研究本部
上級研究員

分子間コヒーレントエネルギー移動の時空間計測と制御

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、光合成の光捕集機構や有機発光ダイオードなどのエネルギー変換に不可欠な物理現象である分子間エネルギー移動を、高い実時間・実空間分解能で調べ、量子力学的重ね合わせの状態(コヒーレンス)とエネルギー移動という機能の関係を解明・制御することを目的としている。

2020年度には、既存の原子レベルの空間分解能を有する走査トンネル顕微鏡(STM)装置に連続発振レーザーを組み合わせて励起源として用いた単一分子の精密分光計測において、いくつかの成果を得ることができた。まず、狭線幅レーザーの波長を掃引して単一分子の発光強度を計測する、蛍光励起スペクトル測定に成功した。この新しい手法は、 μeV レベルという従来に比べて1桁以上良いエネルギー分解能を有しており、これによって観察している分子に固有の性質を計測することが初めて実現された。振動量子状態の精密計測では、分子内の水素を重水素に置換させた際に生じる小さな振動数シフトを検出することに成功し、化学種の同定手法としても優れた性能を持つことを実証した。さらには、静電場を印加した際に生じるエネルギーシフトの精密な計測も行い、金属ナノギャップ中における分子が示す Stark 効果を解明するだけでなく、エネルギー状態の制御も可能であることを示した。2020年度中にこれらの一連の結果をまとめ論文投稿を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) [Hiroshi Imada](#), Miyabi Imai-Imada, Kuniyuki Miwa, Hidemasa Yamane, Takeshi Iwasa, Yusuke Tanaka, Naoyuki Toriumi, Kensuke Kimura, Nobuhiko Yokoshi, Atsuya Muranaka, Masanobu Uchiyama, Tetsuya Taketsugu, Yuichiro K. Kato, Hajime Ishihara, Yousoo Kim, “Single-molecule laser nanospectroscopy with micro-electron volt energy resolution”, *Science*, vol. 373, issue 6550, pp.95-98, 2021.
- 2) Rafael Jaculbia, Norihiko Hayazawa, [Hiroshi Imada](#), Yousoo Kim, “Controlling the Resonance Raman Effect in Tip-Enhanced Raman Spectroscopy Using a Thin Insulating Film”, *Applied Spectroscopy*, vol. 74, issue 11, pp.1391-1397, 2020.
- 3) Kensuke Kimura, Yuta Morinaga, [Hiroshi Imada](#), Ikufumi Katayama, Kanta Asakawa, Katsumasa Yoshioka, Yousoo Kim, and Jun Takeda, “Terahertz-Field-Driven Scanning Tunneling Luminescence Spectroscopy”, *ACS Photonics*, vol. 8, issue 4, pp.982-987, 2021.