

2023 年度年次報告書

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成

2020 年度採択研究代表者

芦原 聡

東京大学 生産技術研究所

教授

赤外テラレーメイド励起を機軸とする革新的振動分光

研究成果の概要

本研究では、新しい赤外光源技術によって振動分光法に大きな飛躍をもたらすことを狙いとする。すなわち、新規固体レーザーに立脚した高輝度赤外コヒーレント光とその電場波形自由度を活用することにより、微量分子を高感度に捉える振動分光法、および、所望の反応を促進する化学反応制御法を創出する。2023 年度は、主たる3つの研究項目を以下の通り推進した。

『赤外光源』に関しては、これまでに開発した Cr:ZnS 赤外モード同期レーザー(中心波長 2.3 ミクロン、時間幅 30 フェムト秒)の高出力化を進めるとともに、より長波長の中赤外パルスが発生するための光パラメトリック増幅器および差周波発生システムを開発した。また、ナノジュールレベルの赤外パルスの瞬時電場を検知する全固体素子を開発と原理実証を行った¹⁾。

『微量分子検出』に関しては、これまでに赤外モード同期レーザーを光源とするバックグラウンドフリー吸収分光システムを開発し、光源の輝度向上に伴う高感度化を実証した。本年度はこの手法を基礎とし、バックグラウンドフリー条件下で分子の吸収と分散の両方を計測できる独自のシステムを開発した²⁾。

『化学反応制御』に関しては、線形チャープを与えた高強度赤外パルスを用いて液相の二酸化炭素分子の多段階振動励起の実験を実施し、逆対称伸縮振動モードの第 9 振動励起状態に至る、過去に類を見ない高振動励起を達成した³⁾。その際、励起パルスのチャープに応じて、占有数が高準位から上準位へ時間とともに段階的に移行する様子および高振動準位の緩和ダイナミクスを初めて観測した。同様の実験を気相の二酸化炭素分子に関しても実施し、多段階の振動回転遷移と回転波束の生成を初めて観測した。このように、振動励起を通じた化学反応制御の礎となる多段階振動励起の手法を高度化したといえる。

以上の通り、各研究項目に関して重要な進展を得た。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Arai, D. Okazaki, I. Morichika, and S. Ashihara, “All-Solid-State Optical-Field-Sensitive Detector for Sub-Nanojoule Pulses Using Metal–Insulator Hybrid Nanostructure,” ACS Photonics Vol. 10, pp. 1702-1707 (2023).
- 2) W. Song, K. Fujiwara, Z. Zhang, I. Morichika, and S. Ashihara, “Broadband dispersion spectroscopy using interferometric phase modulation under background light suppression,” Optics Letters Vol. 48, pp. 4257-4260 (2023).
- 3) I. Morichika, H. Tsusaka, and S. Ashihara, “Generation of High-Lying Vibrational States in Carbon Dioxide through Coherent Ladder Climbing,” Journal of Physical Chemistry Letters Vol. 15, pp. 4662-4668 (2024).