

表面増強ラマン分光法の 機構解明と応用

バイオセンシング研究グループ 伊藤 民武

研究のねらい

- ラマン分光では分子の様々な振動を検出できる為、分子識別能力が高い。また水中の分子へも適用できる。
- しかし、ラマン分光の感度は非常に低い（蛍光分光よりも10桁程度低い）。従って、感度の向上が必要な場合が多い。
- 分子を金や銀のナノ粒子の凝集体間隙に吸着させることでラマン分光の感度が10桁程度あがる。この分光法は表面増強ラマン分光（SERS）といい超高感度ラマン分光へと成長している。

新規技術の概要と特長

ラマン分光とはレーザー光を分子等のサンプルに照射して分子振動エネルギーだけ変化した散乱光をスペクトル検出する技術である。ラマンスペクトルには様々な分子振動が現れる為、分子識別能力が高い。しかしながらラマン分光の検出感度は例えば蛍光法と比べると10桁以上低いという問題がある。

SERS分光では金や銀等の金属ナノ粒子の凝集体間隙に吸着させることでラマン分光の感度を10桁程度増大させてラマン分光に超高感度性を与える。その機構として提案されている金属ナノ粒子のプラズモン共鳴による電場増強効果を実証している（図1）。

応用例を挙げる。図2は酵母表面のSERS像であり表面タンパク質を一分子レベルでSERS測定している可能性がある。図3はヘモグロビンと糖化ヘモグロビンのSERSスペクトルの比較である。糖化することでスペクトルが変化している。

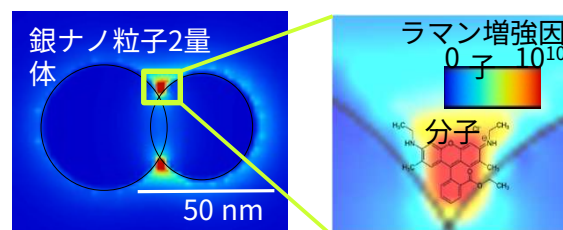


図1 銀ナノ粒子二量体の電場増強効果

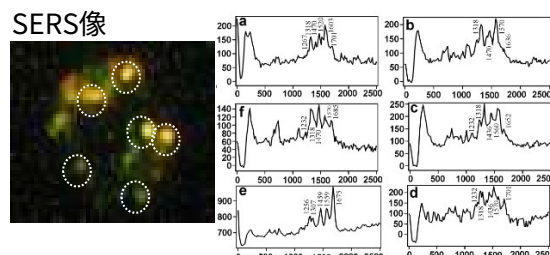


図2 酵母表面のSERS像とSERSスペクトル

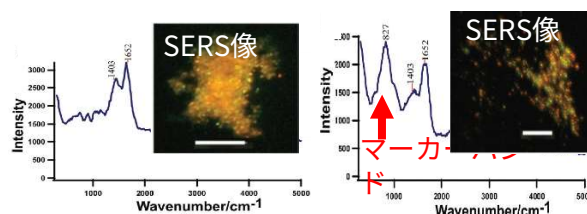


図3 ヘモグロビンと糖化ヘモグロビンのSERS分光

期待される連携・応用分野

- ・ バイオメディカル・ヘルスケア分野（リキッドバイオプシーやバイオイメージング等）
- ・ 環境モニタリング・食品安全（残留農薬検出や水質検査等）
- ・ セキュリティ・法科学やエネルギー（爆発物・ドラッグの検知等）

関連特許および文献

- ・ T. Itoh, Y. S Yamamoto, *J. Chem. Phys.* **163**, 034711 (2025)
- ・ T. Itoh, Y. S Yamamoto, *J. Chem. Phys.* **160**, 024703 (2024)
- ・ T. Itoh, M. Prochazka, Z. C. Dong, W. Ji, Y. S Yamamoto, Y. Zhang, Y. Ozaki, *Chem. Rev.* **123**, 1552–1634 (2023)