

【安全保障技術研究推進制度】令和5年度採択課題

超短パルスレーザーを用いたCBRNE検知ライダシステムの開発

代表研究機関：株式会社四国総合研究所

分担研究機関：公益財団法人レーザー技術総合研究所

一般財団法人電力中央研究所

研究の背景

- 物質の遠隔検知技術に対するニーズは、環境・資源・エネルギー・農林水産・バイオテクノロジー等幅広い分野に亘って存在する。例えば、
 - 公共機関、インフラ施設等における、極微量の有害化学物質や病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
 - 高空間・高時間解像度気象予測に向けた気象観測データ収集システム
 - 農林水産現場の異常を早期に察知するための環境情報や生物情報のリアルタイムモニタリングシステムなど、幅広い対象物に対応でき、広域観測が可能な技術の確立が求められている（文科省 第11回科学技術予測調査（2022））。

- 近年、国内外を問わず混乱を深める社会情勢の中で、CBRNE災害に対する脅威がより身近なものとなり、これらを包括的且つ広域に検知することができる遠隔計測システムの実現が求められている。

CBRNE災害

- C / Chemical : 化学剤による大規模災害や毒劇物化学兵器による災害
B / Biological : 微生物感染症パンデミックや病原微生物等生物兵器による災害
R / Radiological : 原発事故等放射性物質による災害や放射能兵器による災害
N / Nuclear : 核や核兵器による災害
E / Explosive : 高性能爆薬等によるテロや爆発による災害

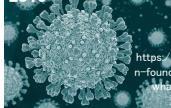
[福島第一原発事故] [COVID-19パンデミック] [ロシアによるウクライナ侵攻]

2012～



https://www.hippohn-foundation.or.jp/what/projects/2020corona

2019～



https://www.hippohn-foundation.or.jp/what/projects/2020corona

2022～



https://www.cnn.co.jp/world/35183971.html

研究の目的・目標

[目的]

本研究では、超短パルスレーザ※を物質に照射した際に発生する多光子励起による共鳴ラマン散乱の発生及び、各種有害物質による多光子励起共鳴ラマン励起プロファイルを明らかにする。更に、超短パルスレーザを光源とする多光子励起共鳴ラマンライダシステムを構築し、様々な有害物質に対応できる、広域且つ高感度な物質検知を可能とする遠隔計測技術を実現する。

[目標]

超短パルスレーザを用いた多光子励起共鳴ラマンライダシステムを試作し、屋外環境下において、距離50m以上、50ppm以下の物質検知が可能であることを実証する。対象物質は一般的な研究施設において取扱いが可能なCBRNE物質の擬剤から選定し、有毒化学物質擬剤(NO_x , SO_x , DMMPなど)、爆発物擬剤(亜硝酸ナトリウム、ペンタエリスリトールなど)、病原性微生物擬剤(アデノシン等の核酸、枯草菌等の細菌)より4種以上とする。

従来技術（共鳴ラマン分光法）

■ 共鳴ラマン効果 :

照射するレーザ光の波長を、対象物質固有の共鳴波長に一致させた場合、ラマン散乱光が増強する現象。

■ ラマン散乱光の増強は共鳴波長近傍の光の照射によっても生じ（前期共鳴条件）、照射光波長が共鳴波長と完全に一致した時（真正共鳴条件）に増強は最大となる。

■ 真正共鳴条件下における散乱断面積の増大率は理論的には 10^4 ～ 10^6 倍とされている。

→感度の大幅な向上が実現できる。

■ 非共鳴励起では観測されない振動モードに由来するピークが観測されるようになる。

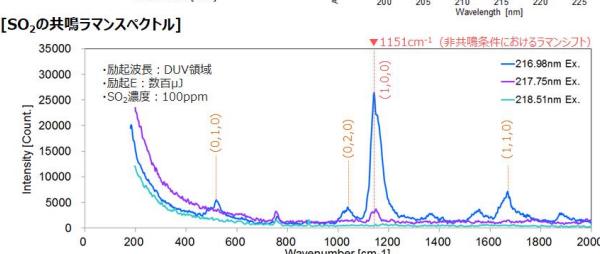
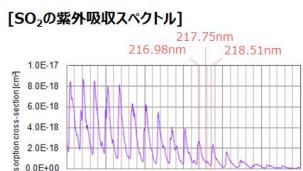
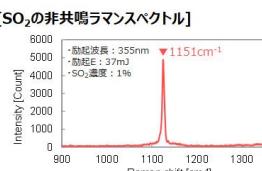
→物質の同定がより正確に、様々な状況に対応可能になる。

■ 共鳴ラマンスペクトルの励起波長依存性（励起プロファイル）を取得し、これに基づき物質を同定することが大きな特徴となっている。

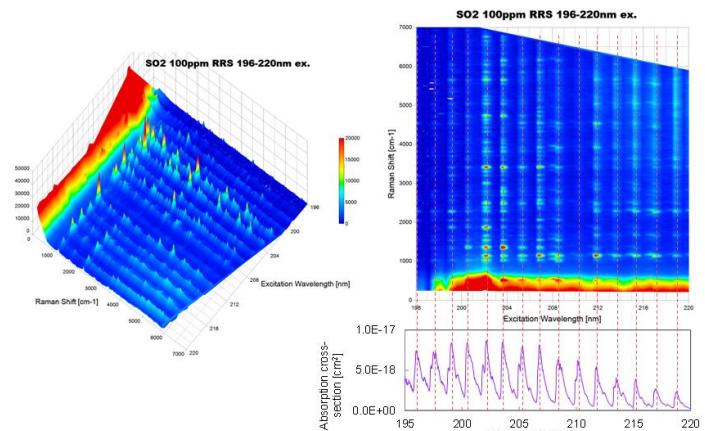
■ 共鳴ラマンスペクトルの波長依存性を示す励起プロファイルを取得することで、従来より高い精度で物質の特定が可能となる。

■ SO_2 の事例では共鳴励起によって散乱光強度が数万～10万倍程度に増強されており、ppmオーダーの高感度遠隔計測が実現可能となる。

[非共鳴励起と共鳴励起によるラマンスペクトルの比較(SO_2)]



[共鳴ラマン励起プロファイル(SO_2)]



[ラマン散乱(非共鳴)と共鳴ラマン散乱のイメージ]

