

2020, Jan.

No. 382

CONTENTS

- レーザー技術総合研究所所員一同
- 新春のご挨拶
- 共鳴ラマンライダーを用いた
- 大気中微量有害物質検知技術の開発
- 新入研究員

LASER CROSS

ISSN 0914-9805



レーザー技術総合研究所所員一同

【表紙写真】

後列左より 谷口誠治、本越伸二、染川智弘、倉橋慎理、古河裕之、稲田順史
中列左より 坂本高保、宮永憲明、コスロビアン ハイク、島田義則、コチャエフ オレグ、小野田理恵、幸脇朱美、片岡紀子
前列左より 中島信昭、藤田雅之、中塚正大、井澤靖和、井上哲也、大道博行

新春のご挨拶

所長 井澤靖和

昨年もわが国は、大きな自然災害に見舞われました。今年は新しい元号「令和」のもとで、穏やかで明るい年になることを願いたいと思います。

レーザー技術総合研究所の昨年を振り返りますと、「ゼロフォノンライン励起新型高出力Yb:YAGセラミックレーザー」と「レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の開発研究」の二つのプロジェクト研究が終了いたしました。目標とする1kWのレーザー出力と50Hzの診断速度や高い診断精度を達成し、実用化に向けた新しい研究開発フェーズに入りました。「革新的小型・高効率UVレーザー光源の開発」と「共鳴ラマン効果による大気中微量有害物質遠隔計測技術の開発」は中間評価を受け、最終目標に向けて新たな研究のスタートを切りました。UVレーザーでは中間目標の実現と試作機の開発に貢献することができました。「高速移動物体への遠距離・高強度光伝送のための予測的波面制御の研究」のプロジェクト研究は2年目に入り、高速波面制御をめざす試作機の設計・製作を本格化させるとともに、遠距離光伝送の予備実験を開始しました。

レーザーエネルギー、レーザープロセス、レーザー計測、レーザーバイオ化学、理論・シミュレーションとレーザー技術開発室の体制で進めているチーム研究でも、テラヘルツ光源の開発研究、土木・建築分野におけるレーザー加工やレーザー診断応用研究、レーザーラマン分光を利用した海上観測、フェムト秒レーザーを用いた生体関連物質の機能解明研究、地震予知に関連するレーザープラズマシミュレーション研究、光学素子の損傷評価と高耐力化研究、新方式3次元構造体の形成などで、成果が積み上がりました。

大阪大学レーザー科学研究所と共同で開設したレーザーオープンイノベーションラボの整備も進み、今年はラボ内の設備を活用して受託研究や共同研究など、産業界をはじめとする皆様に広く装置を利用して頂き、イノベーションをめざして新しいテーマにチャレンジできる体制を整えてまいります。

所員一同、これまで以上に積極的に研究開発に取り組んでまいります。皆様方には、今後ともなお一層のご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

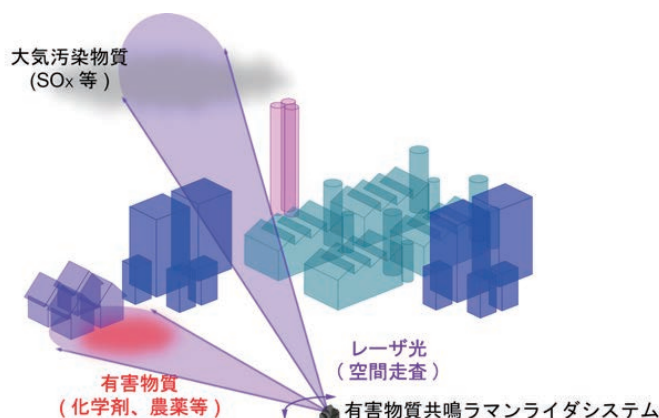
共鳴ラマンライダーを用いた 大気中微量有害物質検知技術の開発

レーザープロセス研究チーム 染川智弘

◆大気中微量有害物質の遠隔検知

大気中の微量有害物質の遠隔検知については、民生分野、防衛分野を問わず多種多様な物質を対象として強いニーズがあるが、市場が要求する、リアルタイムで分子種・状態が異なるさまざまな微量有害物質に適用可能な計測手法ははまだ確立されていない。遠隔からのリアルタイムな成分分析を可能とする手法としてラマンライダーがあるが、ラマン散乱現象自体が微弱であるため、特に遠隔での微量分析は困難であった。この課題を解決するため当研究所では、対象物質の吸収帯と一致した波長のレーザー光を用いることによりラマン散乱光が著しく増大する共鳴ラマン効果に着目し、(株)四国総合研究所、(一財)電力中央研究所と共同で、共鳴ラマンライダーを用いた大気中微量有害物質遠隔計測技術(図1)の開発を開始した。

SO₂、NH₃などの有害物質は、分子構造が比較的シンプルであり、光吸収帯は主に深紫外領域(200~300 nm)に存在する。そのため、多種多様な有害物質を共鳴ラマンライダーで識別するには、深紫外波長領域での共鳴ラマン効果の原理検証、光源・受光系の開発が必要である。四国総研は紫外域共鳴ラマン効果の原理検証と検知システムの開発を担当し、電中研が集光系



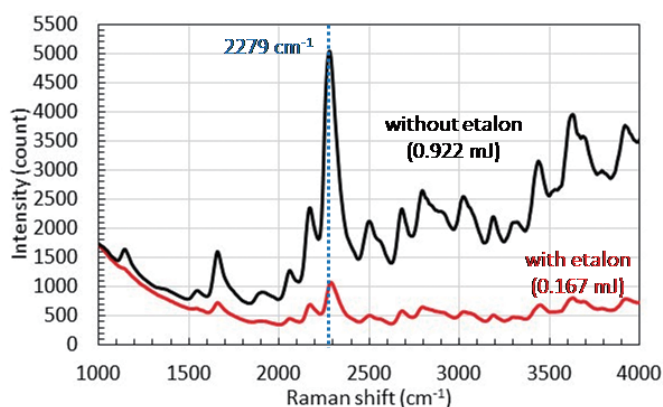
【図1】共鳴ラマンライダーによる大気中微量有害物質検知のイメージ

(望遠鏡)開発、ラマン分析(物質同定)手法開発、当研究所は高ピーク強度紫外波長可変レーザーシステムの開発を担当し、現在深紫外共鳴ラマンライダー技術の実現に向けた研究開発を進めている。

◆深紫外波長可変レーザーの開発

深紫外波長領域で波長が可変なレーザー光源として、光パラメトリック発振(OPO)方式と波長可変チタンサファイア(Ti:S)方式の2種類のレーザーシステムの性能を評価するだけでなく、実際にこれらのレーザーを使ったSO₂の共鳴ラマン測定から共鳴ラマンライダー应用到に最適な光源を選定している。本報告では、波長可変Ti:Sの発振線幅の検証結果について紹介する。

OPO方式は、Nd:YAGレーザーの第3高調波(波長: 355 nm)をベースとし、OPOを利用して波長410 nm以上で発振する波長可変レーザー光を発生させ、その第2高調波変換により210~300 nmで発振する深紫外波長可変レーザーを得るシステムである。これに対し波長可変Ti:S方式は、波長800~1000 nmの広帯域で発振波長が可変であるTi:Sレーザーをベースとし、その第2、第3、第4高調波と波長変換して、深紫外波長領域で発振波長が可変なレーザー光を得るシステムである。両手法の主なメリットは、OPO方式はパルス幅が短い点、波長可変Ti:S方式はレーザーの発振線幅が狭く、ビーム品質が良い点が挙げられる。レーザー波長



【図2】SO₂の共鳴ラマンスペクトル

を測定対象の吸収帯に一致させる共鳴ラマン測定には、レーザーの発振線幅が狭いレーザーが有効ではないかと考え、現在は主に波長可変Ti:S方式を用いたレーザー開発を進めている。

図2に、波長可変Ti:Sレーザーの共振器内にエタロンを出し入れし、レーザー発振線幅を変化させた場合に得られたSO₂の共鳴ラマンスペクトルを示す。1%のSO₂ガス(N₂ガスバッファ)を500 cc/minでフローさせながら測定しており、スペクトルは1000回積算信号である。基本波(868 nm)からSO₂の吸収帯がある第4高調波(217 nm)へ波長変換した。エタロン挿入時、非挿入時の発振線幅は868 nmでそれぞれ、<5 pm、55 pmである。エタロンを入れることで基本波のパルスエネルギーが減少するために波長変換効率が悪くなり、第4高調波での出力は0.922 mJから0.167 mJに減少している。

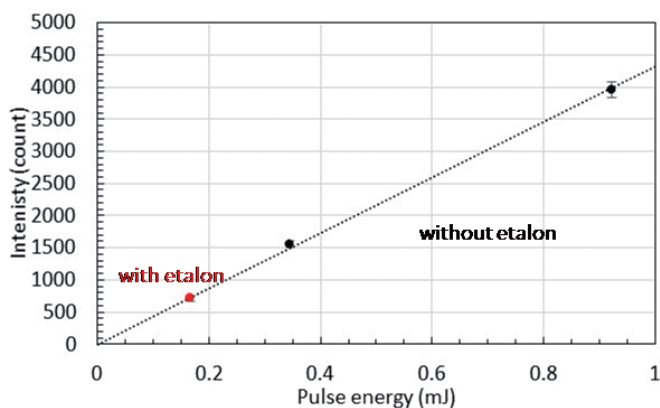
図3はエタロンあり・なしの条件で測定した2279 cm⁻¹のSO₂の共鳴ラマン信号強度である。黒色で示したエタロンなしの二つのデータの近似直線上に、赤色で示したエタロンありの結果が乗っていることがわかる。ラマン信号強度はエタロンあり・なしに関わらず、パルスエネルギーと線形性を示していることから、本実験で用いた深紫外波長可変Ti:Sレーザーはエタロンなしの条件でも発振線幅が狭く、エタロンを入れても

共鳴ラマンのスペクトル強度が大きくなる傾向はないことがわかった。エタロン挿入によるパルスエネルギー減少を考慮すると、エタロンを入れない波長可変Ti:Sレーザーが共鳴ラマン効果には最適である。

今後は波長可変Ti:S方式での短パルス化、高出力化試験を実施し、高ピーク強度の紫外波長可変レーザーシステムを実現するため開発を進めていく。

謝辞：

本研究の一部は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度委託事業の一環として行ったものである。関係各位に深く感謝の意を表します。



【図3】2279 cm⁻¹のSO₂共鳴ラマン強度とパルスエネルギーの関係(点線はエタロンなしの2点の近似直線)

新入研究員

高品質レーザーの研究へ

いなだ よしふみ
レーザープロセス研究チーム 稲田順史



昨年10月1日より、非常勤研究員としてレーザー技術総合研究所レーザープロセス研究チームに加入いたしました稲田順史です。私は阪大レーザー研の卒業生で、学生の時は高出力ガラスレーザーをテーマとして研究開発を行っておりました。卒業後はシャープ株式会社に入社し、光ディスク用半導体レーザー、および、照明用や液晶バックライト用のLEDの開発・事業化に従事しました。今回、古巣の高出力レーザーの分野に戻って、当研究所での研究開発に参画させていただくことになりました。

チームでは、現在高品質レーザービーム実現のための波面歪の補償をテーマの1つとしており、その実現には高速応答する可変形鏡の開発が必要です。私はその設計支援のシミュレーションを担当させていただきます。

レーザー応用技術の発展に少しでも貢献できるよう努めて参りますので、何卒よろしくお願い申し上げます。