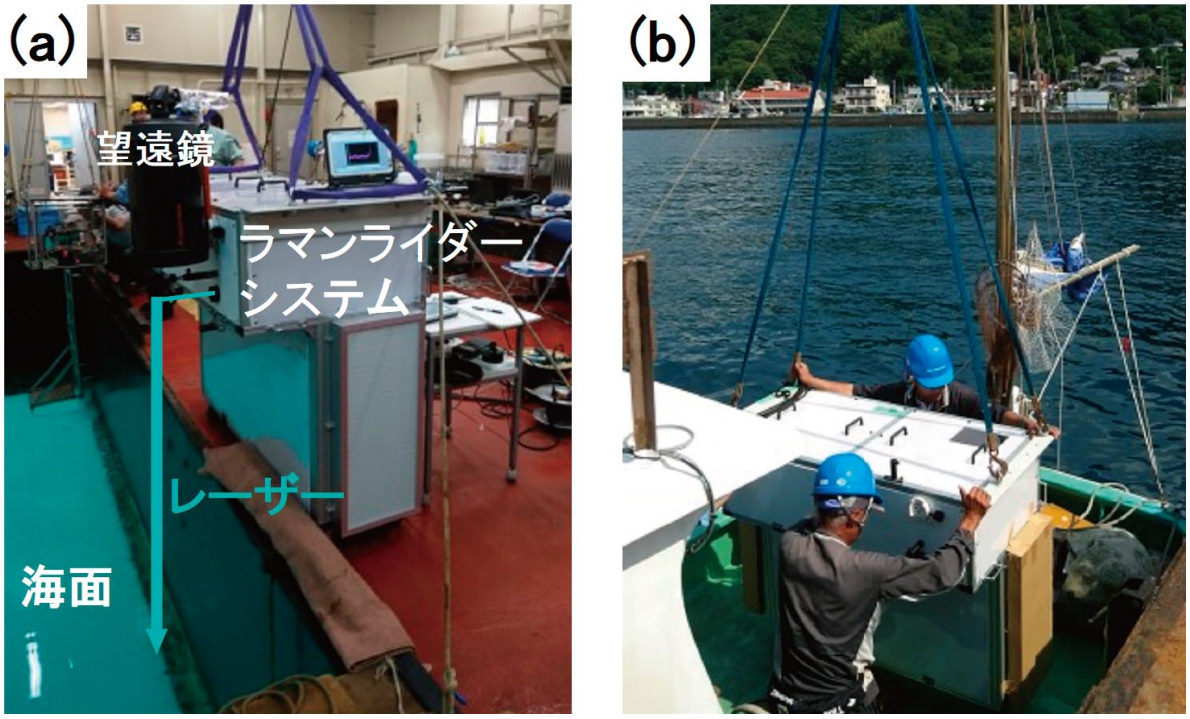
2018, May
No. 362

CONTENTS

▌海上ラマンライダーシステムの開発
▌OPIC2018 国際会議報告
▌ILT2018 平成29年度研究成果報告会
大阪会場(開催予告)
▌主な学会等報告予定

LASER CROSS

ISSN 0914-9805



【表紙図】(a)計測バージでの海上ラマンライダーシステム動作試験、(b)システム運搬時の様子

海上ラマンライダーシステムの開発

レーザープロセス研究チーム　染川智弘

◆効率的海中環境評価法の開発を目指して

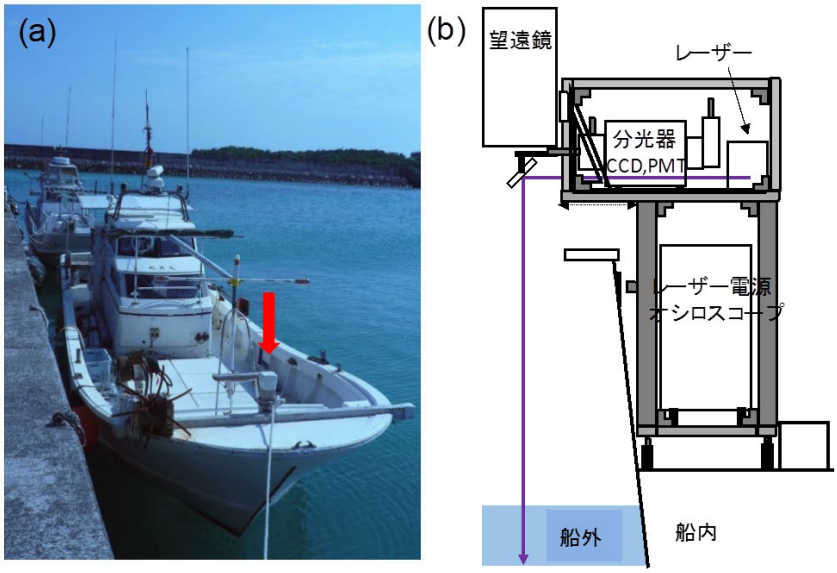
日本の領海・排他的経済水域は国土面積に比べて約12倍と広く、海底鉱物資源やメタンハイドレートの掘削、CO_2を海底地層に圧入することで温暖化ガスの大規模な削減を目指すCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)など、現在海底の有効利用を目標としたさまざまな開発計画が進められている。これらの実現のためには資源探査・採掘手法の効率化が重要となるが、その一方で、海底開発が海洋環境や生態系に与える影響を効率的に評価する技術も同様に必要とされている。現状で多く用いられているのは実際に海水を採取して水質分析を行う採水測定であるが、この手法は評価可能なエリアや測定頻度に限度があるため、より短時間で広範囲に海中環境をモニターできる新たな技術の開発が必要である。当研究所では、海底域環境の効率的なモニタリングを可能とするため、水中ガスラマンライダーを用いた海中モニタリング技術の開発を進めてきた。これまでに、水に溶存したCO_2ガスのラマン信号を計測することにより20 m先に設置した水と炭酸水の識別に成功し、ラマンライダーが海中のガスモ

次ページへつづく▶

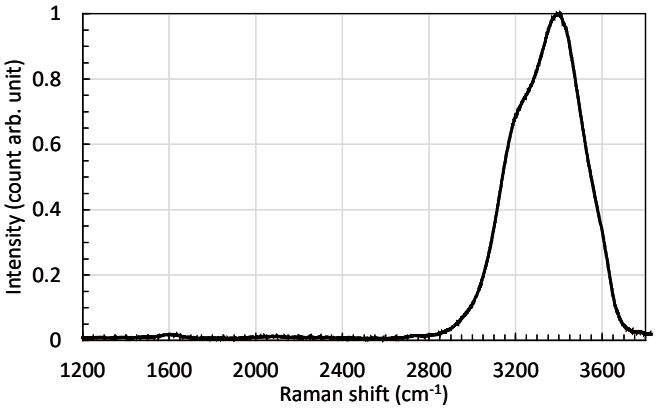
ニタリングに有効であることを示した。溶存CO_2ガス濃度の定量評価とともに、気泡・海水の影響についても評価した。本手法はCO_2ガス以外への応用も可能であり、これまでに水中メタンガスのラマン信号の計測・評価にも成功している(Laser Cross No.349、2017 Apr. 他を参照)。現在、将来的な実用化を見据えた可搬型水中ガスラマンライダーシステムの開発を進め、竹富島海底温泉での海上観測でシステムの実証試験を実施する準備を進めてきた。石垣島を中心とした八重山諸島にある竹富島の近海には、水深が20mと比較的浅い箇所からメタンガスを70%程度含む火山性ガスの湧出があり、この水域は竹富島海底温泉と呼ばれている。本稿では、試作した海上ラマンライダーシステムの概要、および沼津市で実施した動作試験の結果ついて報告する。

◆海上ラマンライダーシステム

実証試験では海底から湧出する火山性ガスのラマン信号の検出を目的としている。観測船(図1(a))に可搬型の水中ガスラマンライダーシステム(図1(b))を搭載し、船上から観測を行う海上観測方式を採用することとした(海上ラマンライダーシステム)。図1(a)の矢印(⬇)の位置にライダーシステムを搭載し、鉛直下向きに波長355 nmのレーザーを照射する。海中からの散乱光を直径20 cmの望遠鏡で集め、光ファイバーで分光システムに導く。分光システムは、電子冷却CCDカメラによるラマンスペクトル計測システムと、ライダー信号を計測する光電子増倍管(PMT)からなる。分光器の出射ポートにPMTとCCDカメラを取り付け、光路上に設置したミラーの出し入れによって検出機器の切り替えを可能としている。照射レーザーの出力は120 mJ、繰り返しは20 Hzである。本システムでは、レーザー装置の電力消費が1100 Wと少ないため、小型のインバーター発電機1台のみでシステム全体の駆動電力を賄うことが可能となっている。



【図1】(a)観測船の写真とライダーシステムの搭載位置(図中赤矢印)、(b)システム構成図



【図2】海上ラマンライダーにより計測した海水のラマンスペクトル

◆計測バージでのシステム動作試験

静岡県沼津市において、試作した海上ラマンライダーシステムの動作試験を行った。火山性ガスの湧出はない水域であるが、同地ではOKIシーテック社が海洋観測用の計測バージ(はしけ)を所有しており、実際に海上での動作試験を行うことができる。計測バージは船底に3×7 mの開口部を有し、冷暖房が完備された船室内から海中(水深約30 m)にレーザーを照射することが可能である(表紙図(a))。計測バージへのシステムの積み込みはクレーンと小型船を用いて行った(表紙図(b))。計測例として、動作試験で得られた海水のラマンスペクトルを図2に示す。ラマンライダー信号、ラマンスペクトルの信号ともに問題なく計測可能であることがわかった。

本年2月には、本システムを用いて竹富島海底温泉での海上観測に成功した。詳細は今後、本誌にて報告する予定である。

謝辞：本研究はJSPS科研費JP25871083, JP15H05336の助成を受けて実施した。

OPIC2018 国際会議報告

レーザープロセス研究チーム　ハイク コスロービアン

■OPIC2018が横浜にて開催

4月23日～27日、横浜パシフィコ(横浜市)にてOPIC2018(Optics & Photonics International Congress)が開催された。本会議は、光学および光工学に関する日本最大の国際会議として2012年から開催されており、今回で第7回を数える。今年のOPICは、14の国際専門会議、およびプレナリー & ジョイントセッションにより構成され、期間中は国内外から1000人以上の研究者が集結した。筆者は主に専門会議ALPS'18(先進レーザーと光源に関する国際会議)に参加し、コーナーキューブおよびアキシコンレトロリフレクターを用いた共振器のレーザー特性に関する研究成果を発表した。またALPS'18ではXPST'18(X線光学とその応用に関する国際会議)、HEDS'18(高エネルギー密度科学に関する国際会議)とのジョイントセッションも開催され、基礎科学だけでなく産業応用に関連する報告も多数見られた。以下に本会議で報告された最新の研究成果をまとめる。

■高出力薄型ディスク増幅システムの開発

TRUMPF Scientific Lasers社(独)のT. Y. Teisset博士から、利得媒質に薄型ディスク(thin disk)を用いた高平均出力、高エネルギー再生増幅器の開発に関する報告があった。マルチkW増幅システムの実現には、利得媒質の発熱管理および非線形利得の蓄積が不可欠である。これらの条件を平均出力およびエネルギー両方の観点から満足するため、同社では薄型ディスクを基本構造とする再生増幅器の開発が進められている。彼らはガラス基板上に配置された34の高反射ミラーを特徴とする一体型マルチパスセル(MPC)を開発し、CW増幅試験によりその出力安定性を検証した。その結果出力15kW以上の条件下で変動率0.15％と、MPCが高い出力安定性を持つことが示された。また彼らはMPCを2セット使用し、パルス幅20nsのレーザーを用いた2段増幅試験を行った。その結果約3kWの平均出力(10kHz、～300mJ、光-光変換効率～40％)を得ることに成功し、MPCが高平均出力、高パルスパワー増幅の両方に適用可能な汎用性を持つことが示された。彼らは今後、MPCをピコ秒パルスの再生増幅へと応用し、数kWクラスの出力を達成することを約束している。

■ELI-Beamlinesの開発状況と展望

S. Bulanov教授(欧州超高強度レーザー施設ビームライン部門、チェコ)は、ELI-BL(Extreme Light Infrastructure Beamlines、超高強度レーザービームライン)の開発状況と展望について講演した。ESFRI(研究インフラ欧州戦略フォーラム)ロードマップの一部であるELIプロジェクトは、チェコ共和国(ELI-BL)、ハンガリー(ELI-ALPS、アト秒光パルス源)、ルーマニア(ELI-NP、核物理学)の各拠点に、それぞれを補完する形で世界最高クラスの高強度、高エネルギー(超短パルス)レーザーインフラを建設し、これらを国際的な科学ユーザーに提供することを目標としている。これらの完成により、利用可能なレーザー強度はこれまでより6桁以上大きくなる。ELI-BLは、物理学、医学、生物学、物質科学、室内実験を通じた天体物理過程のモデリングなど多くの分野に対応可能であるが、特にレーザープラズマ加速器により発生させた超短パルス粒子線(＞10GeV)および放射線(数MeV)の超高強度場(超相対論領域)科学への利用など、新たな物理レジームの開拓への貢献が期待されている。

■グラフェンを用いたフェムト秒パルス発生

A. Sennaroglu教授(Koc大学、トルコ)から、グラフェンを用いた新しいフェムト秒パルス発生法に関する報告があった。グラフェンは高い過飽和吸収特性を持つことで知られるが、彼らはグラフェン-金構造をベースとしたデバイス(グラフェンスーパーキャパシター、電気二重層コンデンサー)を作製し、これを電圧制御可能な可飽和吸収体として用いることで、低利得レーザーからフェムト秒パルスが発生することを実験的に示した。グラフェンスーパーキャパシターの光損失は、印加電圧を変えることによりモードロック動作に十分な吸収飽和を維持しながら調整することができる。講演では、このデバイスがTi^{3+}:Sapphire, Cr^{3+}:LiSAF, Cr^{4+}:Foresterite といった波長800～1250nmの種々の近赤外固体レーザーに適用可能であることが示

された。またCr^{3+}:LiSAFレーザーを用いた場合に、時間幅19フェムト秒の超短パルスの発生に成功したとのことであった。

■光音響トモグラフィーによる生体イメージング

プレナリーセッションでは、Lihong V. Wang教授(California工科大学、米)から光音響トモグラフィー(PAT)を用いた生体イメージング技術(光音響イメージング)についての講演があった。光エネルギーを吸収した分子は発熱しその体積は膨張するが、その際熱弾性過程により音響波(超音波)が発生することが知られる(光音響効果)。PATでは、生体への透過性を有する近赤外領域のレーザーパルスを照射し、生体内に存在する光吸収体(組織、器官、分子など)から発生する超音波の強度を計測する。生体の組成はほとんどが水であるため、超音波の伝搬時間を考慮することにより生体内における光吸収体の位置情報が得られる。光干渉断層撮影など光学効果のみを用いたイメージングでは、光拡散限界により生体内部の観測可能範囲は(皮膚)表面から1mm以内の深度に制限されるのに対し、PATでは光を超音波に変換するため光拡散限界を超えた深度(表面から数cm)のイメージングが可能となる。また超音波の高い透過性により高感度・高コントラストでの観測が可能である。講演では、頭蓋骨を含むマウスの脳画像など、本手法によるさまざまな細胞器官や生物の観測例が紹介された。この技術は、早期癌の検出や脳の画像化など、特に医学分野への幅広い応用が期待されている。

【写真】OPIC'18会場(横浜パシフィコ)にて

INFORMATION

ILT2018 平成29年度研究成果報告会大阪会場(開催予告)

◆大阪会場

日時／ 平成30年7月20日(金)10:00～16:30
場所／千里ライフサイエンスセンター 8階 801、2号室
大阪府豊中市新千里東町1-4-2 TEL 06-6873-2010
特別講演「緑色光源の農業応用
–緑色光の多様な効果と実用化について–」
株式会社四国総合研究所主任研究員 工藤りか氏

■開催概要、お申し込み

<定員>　70名(定員になり次第締め切らせて頂きます)
<参加料>　無料
<資料代>　非賛助会員　3,000円
(賛助会員、理事・評議員会社等　無料)
<詳細・参加申込>　当財団のホームページをご覧下さい。

主な学会報告

6月4日(月)～8日(金)　ICLO　2018　(サンクトペテルブルク)
ハイク　コスロービアン　「Laser characteristics of resonators with retro-reflective elements」
6月25日(月)～28日(木)　LPM2018　(エジンバラ)
藤田　雅之「Formation of laser-induced periodic surface structure on transparent materials with metal coating by femtosecond lasers」

発行／公益財団法人レーザー技術総合研究所　編集者代表／谷口誠治　〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4　大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313
掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表・谷口誠治(E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)までお願いいたします。