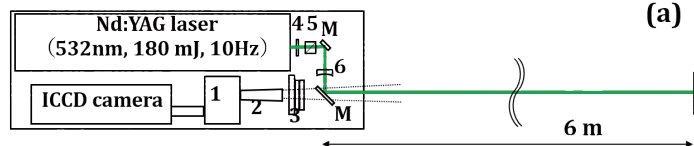


CONTENTS

海洋プラスチックごみの
リモートセンシングに向けて
海中レーザーCO2計測が拓く脱炭素への貢献
OPTICS & PHOTONICS
International Congress
2025(OPIC2025)国際会議報告
光関連国内最大級の専門展示会 OPIE' 25に出展

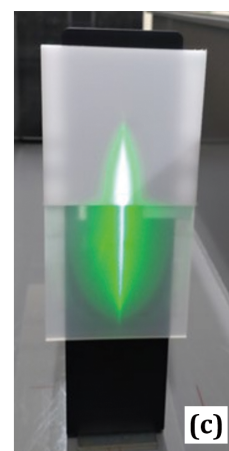
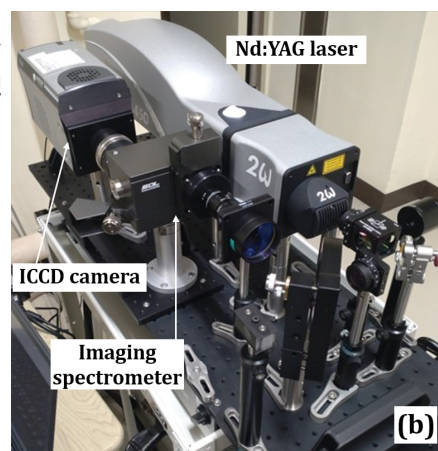
LASER CROSS

ISSN 0914-9805
(a)



1: Imaging spectrometer 2: Camera lens 3: 532 nm notch filter
4: Half wave plate 5: Polarizing beamsplitter cube
6: Plano concave cylindrical lens

【表紙図】ハイパースペクトルラマンイメージングライダーの光学配置図(a)、装置写真(b)、プラスチック試料へのレーザー照射の様子(c)



海洋プラスチックごみの リモートセンシングに向けて

◆「海洋プラスチックごみ」は地球規模で深刻化

私達の身近にあるビニール袋、ペットボトルなどのプラスチック製品ごみが海洋に流出し、「海洋プラスチックごみ」による汚染が地球規模で深刻化している。プラスチックの使用削減に関する取り組みだけでなく、海洋プラスチックごみの発生経路や被害を正確に評価するために、効率的・効果的なモニタリング手法の確立が求められている。広範囲にわたって海洋プラスチックごみを短時間でモニタリングできる手法を目指し、ライダー技術の適用検討を開始した。

◆広範囲な分光マッピング技術の開発に向けて

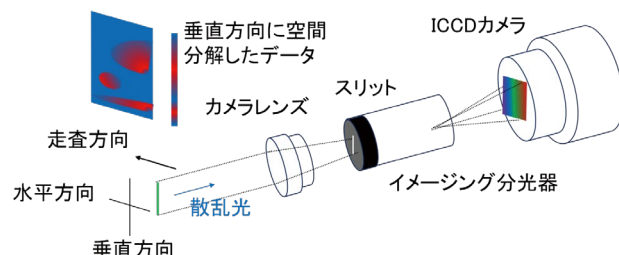
広範囲に分布する海洋プラスチックごみの識別と空間分布情報を同時に取得可能なラマンライダーを開発した。図1に新たに開発した「ハイパースペクトルラマンイメージングライダー」の原理を示す。プラスチックなどで散乱され戻ってきたラマンライダー光は、レ

レーザー計測研究チーム 染川智弘

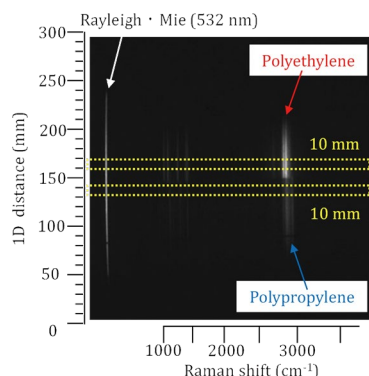
ンズ後方のスリットを通り、イメージング分光器でスリットと垂直な方向(水平方向)に分光され、ICCDカメラ上に結像される。画像の垂直軸方向には位置情報が、水平軸方向には波長情報が記録される。

表紙図に開発したハイパースペクトルラマンイメージングライダーの光学配置図(a)と装置写真(b)を示す。ナノ秒パルスレーザー光は焦点距離200 mmのシリン

水平方向にシステムを走査すること
でマッピング観測が可能



【図1】ハイパースペクトルラマンイメージングライダーの原理



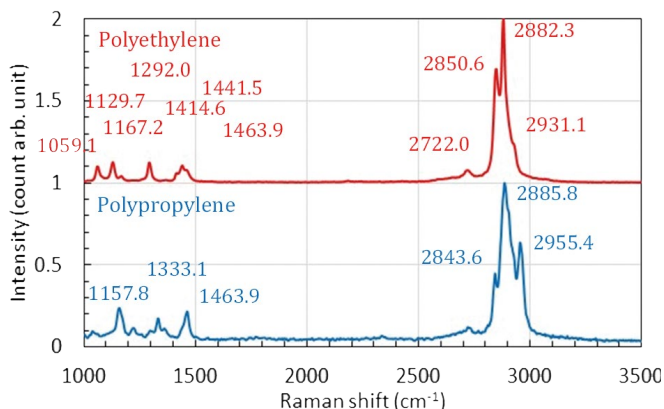
【図2】ハイパースペクトルラマンイメージングライダーによって得られるカメラ画像

ドリカル凹レンズで縦長のビームに変換し、ゆるやかに広がりながら送出される。写真(c)で示すように、距離6 mの位置では幅約4 mm、高さ約150 mmのビーム形状になっている。ラマン散乱光の受光には、焦点距離250 mmのカメラレンズを利用し、イメージング分光器でICCDカメラに結像し、ラマンイメージング画像を記録している。スリット後方での観測視野は表紙図(c)に示したレーザーの形状とほぼ同じであり、シリンドリカル凹レンズで直線形状に照射することで、レーザーを円形で照射するよりも効率良くラマン散乱を得ることが可能である。スリットと垂直方向にシステムの観測位置をスキャンすることで、広範囲なマッピング観測が容易になる。また、ナノ秒の時間オーダーでコマ撮りが可能なICCDカメラを用いることで、距離情報の取得も可能になる。

今回の測定では、表紙図(c)に示すように、10 cm×10 cmで厚みが5 mmのポリエチレンとポリプロピレンの板を縦に2枚並べた試料を用いている。図2がハイパースペクトルラマンイメージングライダーによって得られるICCDカメラの画像である。画像の縦方向に相当

し、約150 mm位置でプラスチック試料の境界が見られる。横方向は波長軸であり、レーザーの波長532 nmを用いて計算したラマンシフトに変換している。左端近くの縦方向50～250 mmにわたってほぼ全領域で見られる信号は、レーザー波長である波長532 nmノッチフィルターで除去してきていないレイリー・ミー散乱による迷光である。

図3にハイパースペクトルラマンイメージングライダーで得られたポリエチレン、ポリプロピレンのラマンスペクトルを示す。これらのラマンスペクトルは、図2の黄色の点線で囲んだ幅の平均スペクトルである。ポリエチレン、ポリプロピレンの異なる特徴的なラマンスペクトルの違いが観測されており、この手法で縦方向に空間分解した対象物質の識別が可能であることがわかる。



【図3】ハイパースペクトルラマンイメージングライダーによるポリエチレン、ポリプロピレンのラマンスペクトル

海中レーザーCO₂計測が拓く脱炭素への貢献

◆レーザー計測技術で海域の脱炭素に貢献

CRESTの研究領域「海洋とCO₂の関係性解明から拓く海のポテンシャル」に、「海中レーザーCO₂計測が拓く脱炭素への貢献」と題する、水中ライダー技術開発が採択された。本研究領域は、異分野融合アプローチによる、大気・陸域と海洋の炭素交換過程の解明、大気中CO₂濃度増加への生態系を含む海洋の応答機能の解明を通じた海洋とCO₂の関係の統合的理解と、海洋機能を最大限活用した気候変動対策のためのイノベーション創出を目指している。

レーザー計測研究チーム 染川智弘

図に本研究内容のイメージを示している。「ブルーカーボンによるCO₂削減効率の評価」と「海底下CCS実施地におけるCO₂漏洩モニタリング技術の開発」の2本柱で海域での脱炭素に向けた研究開発を実施する計画である。

図の左上側の青色ハッチ部がブルーカーボンに関連する研究であり、藻場でのCO₂分布を明らかにする常時モニタリングシステムの開発を目指す。右下側の赤色のハッチ部が海底下CCS関連の研究内容であり、海底からのCO₂放出を検出する漏洩監視システムの開発を

目指す。以下、研究の概要を紹介する。

◆ブルーカーボンによるCO₂削減効率の評価

陸上の森林と同様に、海の中で海草や、海藻が生長する際も、CO₂を吸収する。この海洋生態系に蓄積されるCO₂は「ブルーカーボン」と呼ばれ、すでに排出してしまったCO₂を吸収する効果があり、特に、大型海藻による炭素吸収はそのポテンシャルの大きさに期待が寄せられている。

藻場の保全・修復や海藻養殖による炭素固定技術を展開していくためには、海藻による炭素固定量とそのメカニズムのより詳細な把握が必要である。海藻による炭素固定の最初のプロセスは、生長に伴う周辺海水からのCO₂の取り込みであるため、海藻近傍のCO₂濃度の水深・空間分布をライダーで把握することによって、実海域におけるブルーカーボン生態系による炭素吸収の効率検証を目指す。

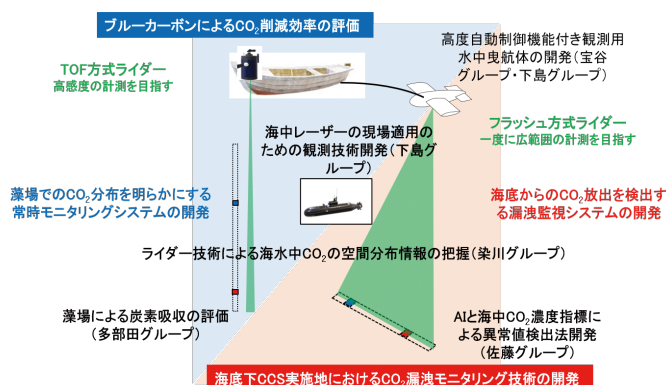
染川Gが高感度TOF方式ライダーを開発し、藻場でのCO₂分布計測を実施するとともに、東京海洋大学：下島Gが、同時に最先端の定点観測センサでCO₂分布を計測し、比較する。また、東京大学：多部田Gが藻場による炭素吸収をモデル計算で評価する。

◆海底下CCS実施地におけるCO₂漏洩モニタリング技術の開発

大気中へのCO₂排出の超大量削減技術の一つとして、火力発電所や製鉄所等の集中発生源から排ガス中のCO₂を回収し、海底下地層に貯留する海底下CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)に大きな期待が寄せられている。国内では、経済産業省が2016年から苫小牧沖(水深約20 m)にて、海底下1,000～2,000 mの帯水層に超臨界状態のCO₂を注入する実浅海域地中貯留

プロジェクトを開始している。海底下CCSの実施にあたっては、CO₂の貯留は念入りな地層調査に基づき、漏洩の確率がほとんどない地点で実施されるが、設備の事故はもちろん、我が国は地震国であり、新たに発生する断層などにより海水中にCO₂が漏出する可能性はゼロではなく、万が一の漏洩に対する漏洩検知手法や漏洩後の環境影響評価手法などの監視技術の開発が不可欠である。

海底からのCO₂漏洩の監視では、染川Gは広範囲な分光マッピング計測が可能な独自のハイパースペクトルラマンイメージングライダーを開発し、得られたデータの検証は東京海洋大学：下島Gが現場センサで評価する。また、高精度なライダー計測を実現するために、海底からの高度を一定に保持できる高度自動制御機能付き観測用水中曳航体の開発(宝谷グループ・下島グループ)や、一度に広範囲の計測を目指すフラッシュ方式ライダー(佐藤グループ)の開発も進められている。また、海底からのCO₂放出を検出する漏洩監視システムの開発も進められている。



【図】「海中レーザーCO₂計測が拓く脱炭素への貢献」の研究開発イメージ

REPORT

OPIC2025(OPTICS & PHOTONICS International Congress) 国際会議報告

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理

2025年4月21～25日の期間に、パシフィコ横浜で開催された国際会議「OPTICS & PHOTONICS International Congress 2025」(主催：OPI評議会)に参加した。本会議は世界中から研究者や開発者が集まり、光学とフォトリソグラフィの科学、産業について議論する場であり、最先端の成果を見聞し、科学技術が実現する未来社会の目指す形を普及するため毎年開催されている。

レーザー光源、医療イメージング、高エネルギー密度科学、ナノフォトニクス、放射光、宇宙・地球科学、光マ

ニュビレーション、光計測、無線給電、散乱・ゆらぎ計測、集積化、X線光学、など様々な分野の専門会議に加え、OPIC2025では新たにメタフォトンクスと農業の専門会議が開催された。

本稿では、報告者が主に参加したLaser Solution for Space and the Earth 2025 (LSSE2025)を中心に紹介する。

LSSEの開催趣旨は、宇宙と地球の持続可能な開発に伴う様々な問題を解決するため、新たなレーザーや

光学技術の活用を議論することであり、特に注目するトピックスは、カーボンニュートラル、再生可能エネルギー、宇宙技術、リモートセンシング、ライダー、工業応用、インフラ構造物であった。報告者はLSSE2025において、弊所で開発したLIBSによる塩害評価技術について招待講演を行った。

■MEMSエナジーハーベスタを利用した低電力周波数モニタリングシステム

鷺宮製作所のDr. Mitsuyaより、MEMSセンサーによるインフラモニタリングに関する報告があった(招待講演)。光、熱、振動、電波など、様々な形態で環境中に存在する希薄・微小なエネルギーを集めて電気エネルギーに変換(発電)する技術はエネルギーハーベスティング技術と総称され、カーボンニュートラル達成に資する技術として期待されている。研究グループは静電誘導型のMEMS振動発電素子を開発し、小振動をIoT無線センサー等の電源として新たに利用可能にした。さらにセンサーが発電する周波数帯域を構造物の異常振動数に設定することで、異常振動が生じたときのみ発電するイベント駆動型の低電力モニタリングシステムを構成した。

■ピコ秒・フェムト秒レーザーを用いたコンクリート構造物の非破壊検査

芝浦工業大学のMr. Ukaiより、レーザー生成衝撃波を用いた非破壊検査に関する報告がされた。住宅など

の建造物では、外壁や塗装などを傷つけることなく非破壊で検査できる技術が求められている。研究グループは、大気中に短パルスレーザーを集光し大気の絶縁破壊によって生成されたプラズマから誘起される衝撃波を用いたコンクリート構造物の非破壊検査技術の開発を行っている。コンクリート供試体に配置された人工欠陥を検出する試験において、先行研究であるナノ秒レーザーやピコ秒レーザー(パルス幅1 ps)と比べ、フェムト秒レーザー(パルス幅50 fs)を用いた検査では、1/100のレーザー出力で欠陥検出が可能であり、より高次の固有振動数をより高い信号対雑音比で検出できたとの報告があった。



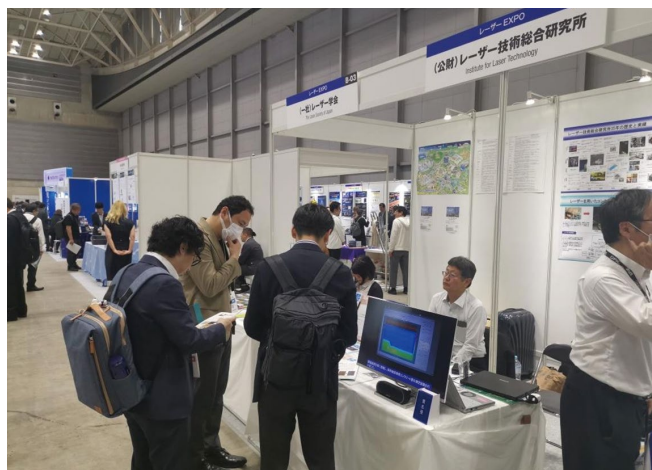
【写真】会議場エントランス

NEWS

光関連国内最大級の専門展示会 OPIE'25に出展

2025年4月23～25日にパシフィコ横浜展示ホールにて開催された、OPTICS & PHOTONICS International Exhibition(OPIE)に出展しました。OPIEはレーザーEXPO、レンズ設計・製造展、ポジショニングEXPO、宇宙・天文光学EXPO、光源・光学素子EXPO、光と画像のセンサ&イメージングEXPO、光通信・要素技術&応用EXPOの7展で構成され、光関連の専門展示会としては国内最大級の規模を誇ります。来場者数は15,000名超、出展数490社・団体/652小間で、弊所はレーザー学会、大阪大学レーザー科学研究所と共同のブースで出展しました。展示ブースでは技術紹介ビデオの上映のほか、パネル展示、本誌のバックナンバーやパンフレットの配布、技術相談を行い、闊達な意見交換を行うことができました。次回開催は2026年4月22-24日で、

弊所も引き続き出展を予定しております。会場へお越しの際は、是非展示ブースへお立ち寄りください。



【写真】展示ブースの様子