

ラマンライダーによる海上観測

染川智弘^{A,B}, 倉橋慎理^A, 藤田雅之^{A,B}, 河仲準二^B

^A レーザー総研, ^B 阪大レーザー研

はじめに

日本の領海・排他的経済水域は国土面積に比べて12倍程度と広く、海底熱水鉱床、メタンハイドレートなどの海底資源開発や、温室効果ガスであるCO₂を海底地層に圧入して大規模削減を目指すCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)等の有効な海底利用が計画されている。海底開発では資源探査手法の開発だけでなく海洋生態系・環境への影響評価が必要とされており、広大な海底を効率よくモニタリングするために、水中のガスからのラマン信号を利用して位置情報を得る水中ガスラマンライダーの研究開発を行っている¹⁾。

本手法を用いた海中モニタリングの実施に向けて、船舶搭載型の海上ラマンライダーシステムを開発した。本報告では海上ラマンライダーシステムを用いた竹富島近海での海上観測結果を報告する。

竹富島近海でのライダー観測

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と比較的浅い海底からメタンガスを70%程度含む火山性ガスの湧出があり、竹富島海底温泉と呼ばれている。平成30年の2月19日□23日の5日間にわたって、竹富島近海で海上観測実験を実施した。

図1に漁船に搭載した海上ラマンライダーシステムを示す。漁船の左側前方にライダーシステムを設置し、ロープと木材で漁船に固定している。

波長355nm、出力120mJ、繰り返し20Hzのレーザーパルスを鉛直下向きに海中に照射し、海中からの散乱光を直径20cmの望遠鏡で集め、光ファイバーで光路30cmの分光器に導いた。分光器の測定ポートにはラマンスペクトル計測用の電子冷却CCDカメラと、ライダー信号を計測する光電子増倍管(PMT)を搭載した。分光器の光路上に設置したミラーの出し入れによってCCDとPMTの検出機器を切り替えることが可能である。

海上での観測を想定し、塩害防止のため望遠鏡部以外のレーザー本体・電源、分光システム、オシロスコープなどは密閉型の容器内に設置し、除塩フィルター付きのファンで容器内の大気を強制循環して排熱できるようにした。ファンを動作させた状態では、実験室環境下で温度上昇は2°C/h程度であり、数時間にわたって安定したレーザー出力を得ることに成功した。また、温度上昇によるCCDカメラなどの測定機器に不具合も生じないことを確認し

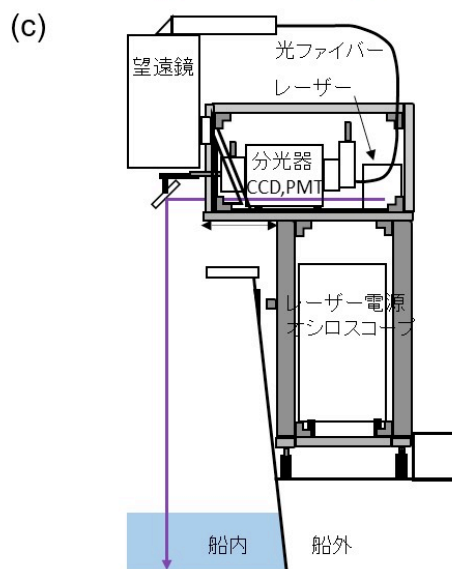


図1 (a)船舶搭載型海上ラマンライダー装置、(b)海上ラマンライダー観測の様子、(c)海上ラマンライダー装置の概要図

た。本ライダーシステムは 2.8 kVA の小型の可搬型インバータ発電機 1 台で全システムの動作が可能であるため、船上での利用も容易である。

実験結果および考察

図 2(a)に海上ラマンライダーシステムを用いた竹富島海底温泉でのラマンスペクトルの測定結果を示す。測定は 1000 回積算で実施した。 \square 3400 cm^{-1} に見られる信号が水の対称伸縮振動によるラマン信号であるが、水の変角振動のラマン信号である \square 1600 cm^{-1} では、ノイズが大きく識別が困難である。また、メタンの 2897 cm^{-1} でのラマン信号も検出できていない。本スペクトル計測システムでは、信号の時間分解計測を行っていないために、海面からの反射成分も信号として取り込んでいる。実験中は波による太陽光の反射、散乱が時々大きく変化するため、背景光雑音成分のゆらぎが大きく、メタンガスなどの微弱なラマンスペクトルの識別が困難であることがわかった。

図 2(b)に海上ラマンライダーシステムを用いた水のラマン信号である 3405 cm^{-1} のライダー信号を示す。測定は 1000 回積算で実施した。水のラマンライダー信号は、レーザーの水の伝搬による減衰と信号受光での距離の 2 乗に相当する減衰波形を示し、海面付近ではレーザーと望遠鏡の視野が重ならないために信号が 0 になっている。水深が 20 m 程度の竹富島海底温泉のライダー信号は図 2(b)の挿入図に示すように水深に相当する位置にピークが見られる。また、水深が $3\square 4\text{ m}$ 程度である石垣港のライダー信号にも同様の水深に相当するピークが見られる。水のラマン波長での観測であるために、海底面からの反射信号は観測されないはずであるが、波長 355 nm での水のラマン波長 (\square 403 nm) は水中の伝搬によ

る強度減衰が小さいために、それぞれの水深で生じた水の前方向ラマン散乱の合計が海底面で反射してピークが生じていると考えられる。水のラマンライダー信号は、対象ガスの濃度を評価するための較正信号として測定していたが、さらに海底面の測距にも利用できることがわかった。

まとめ

広大な海底を効率よくモニタリングする水中ガスラマンライダーシステムの開発を行い、竹富島近海で海上観測を実施した。今後は対象ガスと水のラマンライダー信号を同時に取得するシステムの開発や、波の影響を軽減させる方法、時間分解機能付きの ICCD カメラを検出器に用いて、海中からのラマン散乱成分のみを測定する方式などの改善策を検討する予定である。

謝辞

本研究の一部は大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの共同利用・共同研究「超短パルスレーザーの開発、制御、ならびにその応用」のもとに実施された。

参考文献

- [1] T. Somekawa, A. Tani, and M. Fujita: Appl. Phys. Express 4 (2011) 112401.

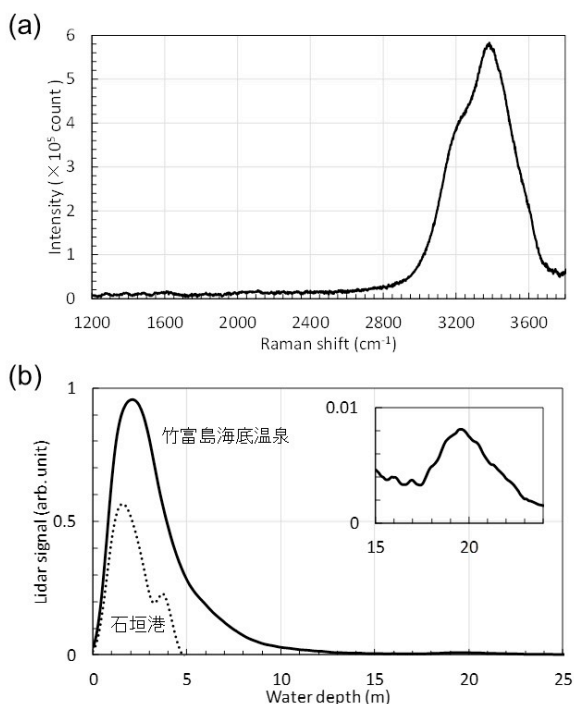


図 2 石垣島近海での海上ラマンライダーによる(a)ラマンスペクトル、(b) 3405 cm^{-1} のラマンライダー信号