

# 海上ラマンライダー技術の開発

染川 智弘<sup>1,2</sup>, 倉橋 慎理<sup>1</sup>, 河仲 準二<sup>2</sup>, 藤田 雅之<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> (公財) レーザー技術総合研究所 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-6)

<sup>2</sup> 大阪大学レーザー科学研究所 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-6)

## Development of an Oceanographic Raman Lidar Technique

Toshihiro SOMEKAWA<sup>1,2</sup>, Shinri KURAHASHI<sup>1</sup>, Junji KAWANAKA<sup>2</sup>, Masayuki FUJITA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Laser Technology, 2-6 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

<sup>2</sup>Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., 2-6 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

We reported on progress toward developing a technique for the underwater remote detection of gases using Raman lidar. In order to verify our approaches to submarine lidar applications, we planned to apply our method to monitor CH<sub>4</sub> gas discharged from Taketomi submarine hot spring. In this work, we report the development of the marine Raman lidar system for monitoring the CH<sub>4</sub> gas of Taketomi submarine hot spring. The transmitter of lidar system was the third harmonic of a standard Q-switched Nd:YAG laser (355 nm). The receiver of this system consisted by a telescope with a diameter of 200 mm, a spectrometer, a CCD camera for measuring Raman spectrum, and a PMT for monitoring Raman lidar signals. In order to evaluate the performance of our system, we demonstrated the Raman spectroscopic measurements from a barge down to the water depth of about 31 m.

**Key Words:** Raman lidar, CH<sub>4</sub>

### 1. はじめに

日本は四方を海で囲まれており、領海、排他的経済水域 (EEZ) は国土面積に比べて約 12 倍程度広い。その領海、EEZ の海底には海底熱水鉱床等の豊富な鉱物資源、メタンハイドレート等のエネルギー資源が存在しており、将来の海底資源開発に向けた研究開発が進められている。また、温室効果ガスである CO<sub>2</sub> の早期大規模削減が期待される CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 等の環境利用も計画されている。こうした海底利用では資源の探査手法だけでなく、メタンハイドレート掘削・CCS では開発による海洋生態系や海中環境への影響評価が必要とされている。現状の採取・採水測定では頻度とエリアに限度があり、海中での効率的なモニタリング手法の開発が必要である。そこで、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<sup>1)</sup>。

水中ガスラマンライダーによる海中モニタリングの実施可能性を評価するために、船舶搭載型の海上ラマンライダーシステムを開発し、海中モニタリング試験を計画している。本報告では、水深 31 m の全天候型固定式計測バージにおける海上での動作試験の結果について報告する。

### 2. 海上ラマンライダーシステム

Fig. 1 に海上ラマンライダーの構成図と写真を

示す。波長 355 nm, 出力 120 mJ, 繰り返し 20 Hz 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 20 cm の望遠鏡で集め、光ファイバーで光路 30 cm 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) が設置してある。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

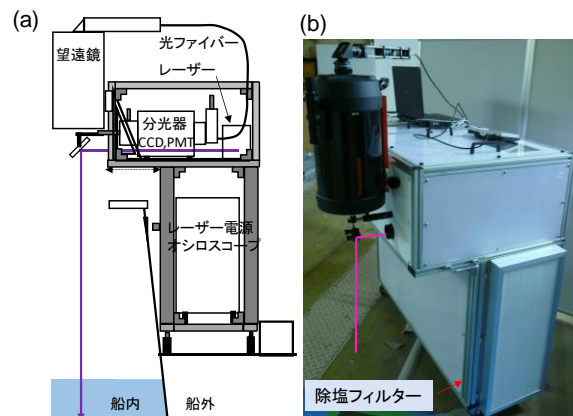


Fig.1 Raman lidar system for CH<sub>4</sub> gas in water.

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  $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$  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た。本ライダーシステムは  $2.8\text{ kVA}$  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。

### 3. 沼津での動作試験結果

沼津市内浦にある OKI シーテック社は海洋音響計測における試験・評価の専門会社であり、海上に係留された国内唯一の全天候型固定式計測バージを有している。OKI シーテックの計測バージ SEATECH II は船内に  $3 \times 7\text{ m}$  の開口部があり、冷暖房が完備された船内から水深  $31\text{ m}$  程度の海中に向けてレーザーを照射することが可能である。

大阪から沼津まではエアサスペンション・パワーゲート付きの 4 トントラックで海上ラマンライダーシステム全体を輸送した。計測バージは船で 5 分程度の海上に停泊しており、海上ラマンライダーシステムはクレーンを用いて小型船に積み込み、計測バージまで輸送した (Fig. 2(a))。トラックや小型船での輸送による光軸ずれなどの影響はほとんど見られず、本ライダーシステムは特別な調整の必要なく、動作が可能であった。

Fig. 2(b) に計測バージの開口部での海上ラマンライダー試験の様子を示す。ライダーシステムは開口部から海をのぞき込むように設置しており、落下防止のためにクレーンに命綱をかけて実験を実施した。計測結果の 1 例として、図 3 に本システムで得られた海水のラマンスペクトルを示

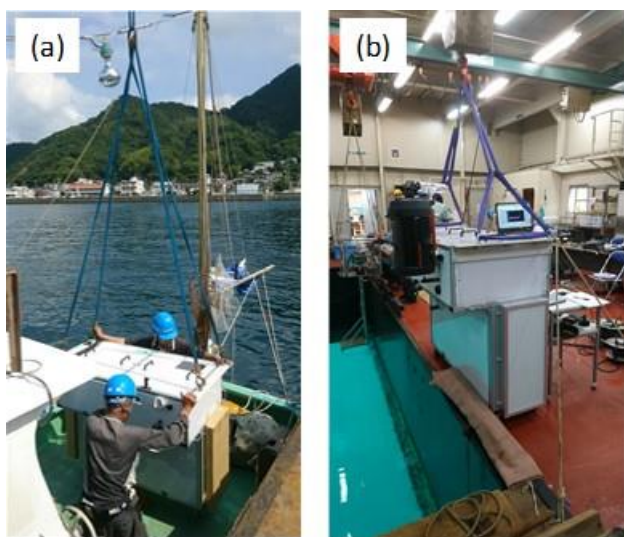


Fig.2 Raman lidar observation on the barge.

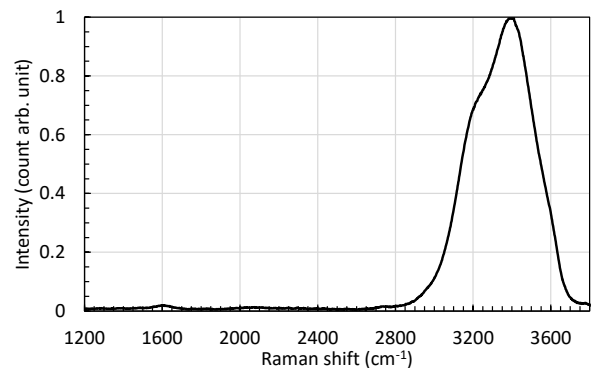


Fig.3 Raman spectrum of seawater.

す。ラマンスペクトルは 1000 回積算で取得した。 $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$  に見られる大きな信号が水の対称伸縮振動によるラマン信号、 $\sim 1600\text{ cm}^{-1}$  に見られる小さい信号が水の変角振動のラマン信号である。ラマンライダー信号、ラマンスペクトルの両信号ともに問題なく取得が可能であることを確認した。

### 4. まとめ

海底開発における海中の環境影響評価を効率的に実施するために、水中にあるガスのラマンライダーによる海中モニタリング手法の開発を行っている。小型漁船に搭載可能な海上ラマンライダーシステムを開発し、沼津の OKI シーテックの計測バージにおいて動作試験に成功した。

本ライダーシステムは武富島海底温泉での海上観測にも成功し、現在、得られたデータを解析中である。今後は較正信号である水と計測ガスを同時に評価が可能なシステムの開発だけでなく、小型・省電力なライダーシステムの開発も行いたいと考えている。

### 謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 25871083, 15H05336 の助成を受けたものである。

### 参考文献

- 1) T. Somekawa, A. Tani, and M. Fujita: Appl. Phys. Express 4 (2011) 1124.