

水溶存ガスの遠隔計測に向けたラマンライダーの開発

Development of Raman Lidar System for Remote Sensing of Gases Dissolved in Water

染川智弘¹、谷篤史²、藤田雅之^{1,3}

T. SOMEKAWA¹, A. TANI², M. FUJITA^{1,3}

¹(財)レーザー技術総合研究所、²阪大院理、³阪大レーザー研

¹Inst. for Laser Tech., ²Earth & Space Science, Osaka Univ., ³Inst. of Laser Eng., Osaka Univ.

ABSTRACT

We demonstrated the range-resolved detection and identification of CO₂ dissolved in water by Raman lidar. A frequency doubled Q-switched Nd:YAG laser (532 nm) is used as the lidar light source, and the Raman signals at ~574 nm from CO₂ dissolved in water were detected. In lidar application, CO₂ dissolved in water was identified in glass bottles 20 m away by using the CO₂ Raman band at ~574 nm.

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 CO₂ の早期大規模削減が期待される CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)が、2020 年の実用化を目材して北海道苫小牧沖の海底にて実証試験がスタートするなど、環境利用も計画されている。こうした海底利用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である。例えば CCS では水に溶けている CO₂ を測定する定点観測センサーを海底に複数個配置するネットワーク観測による環境影響評価が計画されているが、不連続観測による検知漏れや海底での装置のメンテナンス費用等の問題が多い。そこで、広大な海底を効率よくモニタリングするために、水に溶けている CO₂ ガスからのラマン信号を利用して位置情報を得る水溶存 CO₂ ラマンライダーの研究開発を進めている^[1]。本報告では、水の透過性が良い波長 532 nm のナノ秒パルスレーザーを用いて、20 m 遠方に置いた水・炭酸水からの水溶存 CO₂ ラマン信号の観測結果について紹介する。

2. 水溶存 CO₂ ラマンライダー

Fig. 1(a)に水溶存 CO₂ ラマンライダーの実験配置図を示す。レーザーは波長 532 nm、パルス幅 10ns、繰り返し 10 Hz のナノ秒パルスレーザーであり、20 m 離れた位置に設置した水・炭酸水に照射する。

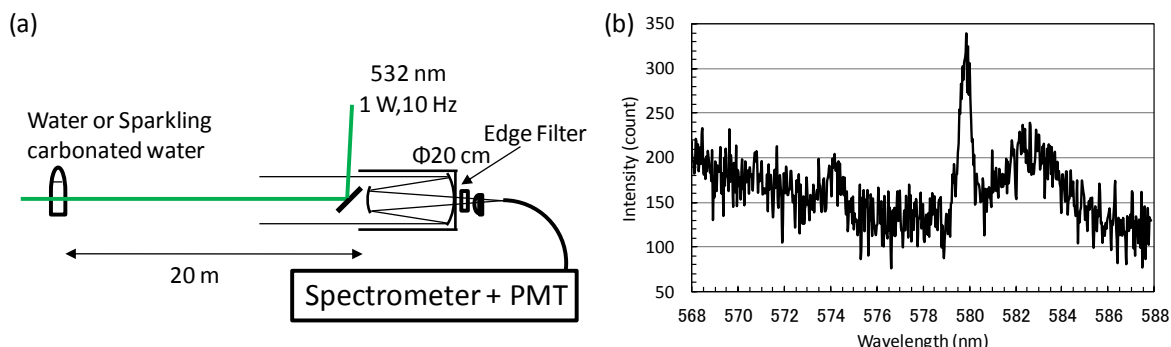


Fig.1 (a) Schematic diagram of Raman lidar experimental setup and (b) Raman spectra of CO₂ dissolved in water located 20 m away.

散乱光は直径 20 cm の望遠鏡で集め、レイリー光除去のためのエッジフィルターを通過した後、バンドルファイバーで波長分解能 0.45 nm の分光器に導かれ、フォトマルで測定される。

Fig. 1(b)は炭酸水からの散乱光のスペクトルである。分光器は ~ 0.03 nm 間隔で波長を掃引させ、露光時間 20 ms の 100 回積算の測定強度から作成している。 ~ 583 nm に見られるブロードな信号が水の変角振動のラマン信号であり、 ~ 574 nm に見られる信号が水溶存 CO_2 のラマン信号である。水のラマン信号は一定であると考えられるので、水溶存 CO_2 の濃度評価はこれらの 2 波長の比を取ることで可能である。また、 ~ 580 nm に見られるシャープな信号は大気中を伝搬させたことによる O_2 のラマン信号である。

Fig. 2 は水・炭酸水からの波長・距離・散乱強度の 3 次元表示図である。分光器は ~ 0.16 nm 間隔で波長を掃引させ、オシロスコープで測定した 500 回積算の時間信号から作成している。 ~ 20 m の位置に水・炭酸水からのラマン信号が観測されており、炭酸水にのみ赤点線で囲った部分に水溶存 CO_2 のラマン信号が観測されている。また、 ~ 580 nm に見られる O_2 のラマン信号は 8 m からしか観測されていない。これはレーザーと望遠鏡の視野の重なりが 8 m からだったことを示している。

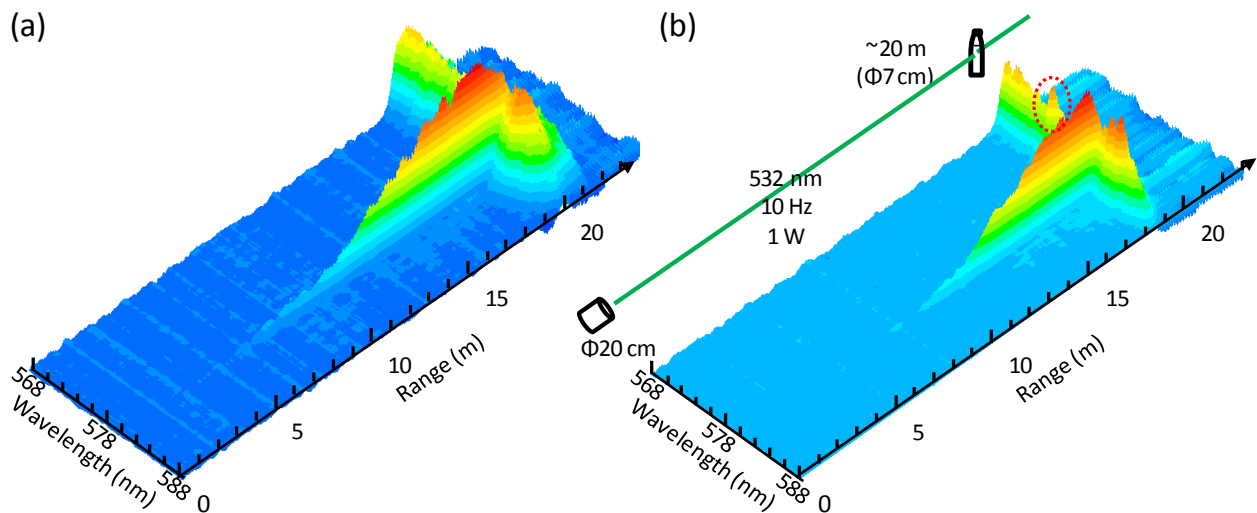


Fig.2 CO_2 Raman lidar signals from deionized water (a) and sparkling carbonated water (b) in 3D representation.

3. まとめ

水に対する透過率の高い波長 532 nm のレーザーを用いて、20 m 離れた位置に設置した水・炭酸水の識別に水溶存 CO_2 ラマン信号を用いて成功した。今後は実際の応用に向けた海水の影響や、この応用に最適なライダーシステムを検討したい。水溶存ガスの中ラマンライダーによるマッピング技術を開発することで、メタンガスを指標としたメタンハイドレートの探査や、掘削施設の漏洩モニタリング、硫化水素を用いたレアアース・レアメタルの探査にも応用したい。

謝辞

本研究は関西電力からの受託研究により遂行いたしました。ご協力いただいた方々に感謝の意を表します。

参考文献

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