

海水溶存二酸化炭素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 CO₂ Dissolved in Seawater

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 report here on progress toward developing a technique for underwater remote detection of the dissolved CO₂ using Raman lidar. A frequency doubled Q-switched Nd:YAG laser (532 nm) is used as the lidar light source, and the Raman signals from a dissolved CO₂ water including H₂O band at ~1633 cm⁻¹, CO₂ band at ~1273, and ~1380 cm⁻¹ were detected.

1. はじめに

発電所などの大量の CO₂ 排出源から、大気中に放散される前に CO₂ を分離回収し、高深度地下に貯蔵する CCS(Carbon dioxide Capture and Storage) 事業が進められている。日本では貯蔵可能箇所、地権者関係や環境規制等から海底下での地中貯留が現実的であると考えられており、事業を実施する前に海底下での CO₂ の漏洩モニタリング手法の検討が必要とされている。海底下においては pH 計などを用いた定点観測が計画されているが、漏洩箇所を効率よくモニタリングするにはライダー技術を用いたマッピングが有効だと考えられる。水に溶存している CO₂ のライダーへの応用を目指した初期実験として、パルスレーザーによる水および炭酸水からのラマン信号の検出を行ったので報告する。

2. レーザーを用いた水中の CO₂ 濃度測定に向けて

レーザー総研ではこれまで、高強度フェムト秒レーザーを用いた新しいライダー技術の開発を行ってきた。このようなレーザーを希ガス中に集光すると、紫外から赤外におよぶ非常に広帯域なスペクトルをもつコヒーレント白色光が生成される。これは、太陽光線とは異なり、元のレーザー光の性質である指向性、干渉性、超短パルス性、偏光を有しているため、ライダー光源として用いれば、任意の波長で多種多様な測定対象に対して同時観測が可能となる^[1]。赤外域においてもレーザーの開発を必要とせず同時観測が可能であるため、二酸化炭素の吸収計測を実施してきた^[2]。

CO₂ を 0 atm (真空)、1 atm 封入した 9 m のガスセルに対する白色光の透過スペクトルを Fig. 1 に示す。白色光は波長 800 nm、強度 50 mJ、パルス幅 100 fs、繰り返し 10 Hz の高強度フェムト秒レーザーを 1 atm の Kr ガスに集光することによって得られる。コヒーレント白色光は 2200 nm 程度まで赤外スペクトルを有していることがわかる。CO₂ は 1600, 2000 nm 付近に吸収エリアを持つため、大気伝搬後のこの波長領域の透過率変化を測定することで濃度評価が可能である。

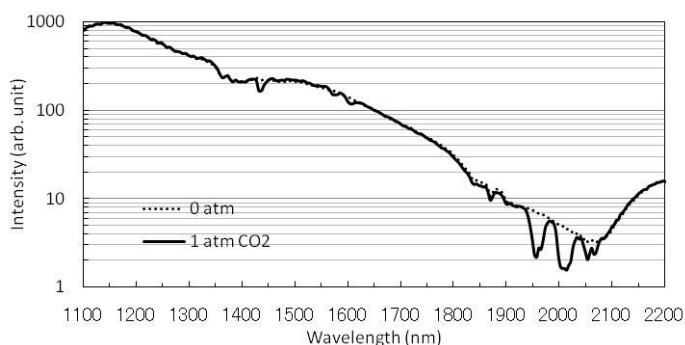


Fig. 1 White light continuum spectra in a 9 m long gas cell with 0 (dotted line) and 1 (solid line) atm CO₂ gas.

しかしながら、こうした赤外域では水に対する減衰係数が非常に高いため水中での応用は難しい。そこで、水中での CO₂ の濃度評価には水に対する減衰係数が小さい紫外から可視域のレーザーを用いた水溶存 CO₂ のラマンライダーの研究を進めている。水にレーザーを照射すると、水に溶けている CO₂ 等からもラマン信号が検出できるため¹⁾、パルスレーザーを用いてライダー方式で溶存 CO₂ からラマン信号を検出できれば、海底下における CO₂ マッピングが可能となる。

3. 水溶存 CO₂ のラマン分光実験

Fig. 2(a)に実験配置図を示す。波長 532 nm、パルス幅 10 ns、繰り返し 10 Hz、パルスエネルギー 100 mJ のパルスレーザーを水や炭酸水に照射し、ラマン信号を後方 25° の位置から観測した。レイリー光の除去にはレーザー波長のエッジフィルターを用いた。Fig. 2(b)に水、炭酸水からのラマン信号を示す。High dissolved CO₂ water が未開封の炭酸水で、Low dissolved CO₂ water が開封後 1 カ月程度放置して炭酸を抜いた炭酸水である。Water は炭酸水と同じガラス瓶に入れた蒸留水である。スペクトル測定には波長分解能 0.23 nm の分光器を用い、100 回積算の信号である。全ての試料に見られる ~1633 Δcm⁻¹ に見られる信号が水の変角振動であり、炭酸水のみに見られる ~1273, 1380 Δcm⁻¹ が水溶存 CO₂ のラマン信号である。炭酸濃度の違いによって信号強度の違いが見られる。

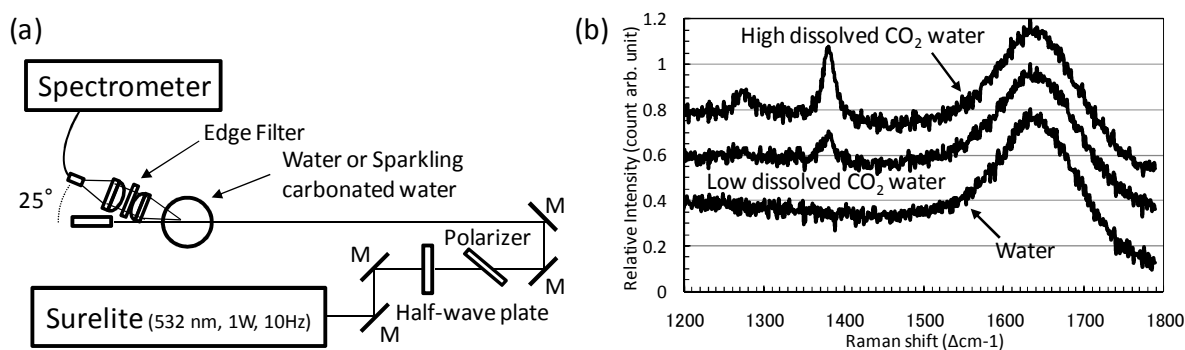


Fig.2 (a) Schematic of experimental setup and (b) Raman spectra of dissolved CO₂ waters and deionized water.

4. 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炭酸水から水溶存 CO₂ のラマン信号の検出に成功した。今後は水溶存 CO₂ のラマン波長の圧力・温度依存性や、ライダーへの応用を検討したい。水溶存ガスの水中ラマンライダーによるマッピング技術が可能になれば、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にも利用できると考えている。また、硫化水素を用いれば、レアアース・レアメタルの探査にも応用できるなど応用性が高い技術である。

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) 染川智弘、山中千博、藤田雅之、Malia Cecilia Galvez, レーザー研究, **37**, 760-764, 2009.
- 2) T. Somekawa, M. Fujita, and Y. Izawa, Appl. Phys. Express, **3**, 082401, 2010.
- 3) S. N. White, Appl. Spectrosc. **64**, 819, 2010.