

海底資源物質を目指した高強度パルスレーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS) の開発 Development of laser induced breakdown spectroscopy(LIBS) for seabed resources using high-intensity lasers

竹内智紀¹、染川智弘²、山中千博¹

T. TAKEUCHI¹, T. SOMEKAWA², C. YAMANAKA¹

¹ 阪大院理、² (財)レーザー技術総合研究所

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

ABSTRACT

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) has been identified for elemental analysis for seabed resources. Ti-sapphire laser pulses with duration of 200 ps and 100 fs is used for excitation, and Na I (589 nm) emission line in an aqueous NaCl solution and on liquid surface was studied.

1. はじめに

海底での元素存在度の遠隔分析法としてレーザー誘起ブレイクダウン分光法 (laser-induced breakdown spectroscopy: LIBS) が注目されている。たとえば、日本の排他的経済水域の海底にはレアメタル等の鉱物資源が埋蔵されており、その調査を効率的に進めるためにはリアルタイムの分析方法が必要である。そこで我々は水深 500m~6000m に分布する海底資源や熱水孔噴出物 (固体・溶液) に対するその場かつリアルタイムの元素分析手法の開発をめざして、ナノ秒~フェムト秒パルスレーザーを用いた高圧環境下でのレーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS) の研究を進めている。この初期実験として、大気圧下で NaCl 水溶液中、または、溶液-大気界面での Na のスペクトル検出を行った。

2. ピコ秒パルスレーザーでの水中の Na 測定

波長 800 nm、パルス幅 200 ps、繰り返し 1 kHz、パルスエネルギー650 mJ のパルスレーザーを焦点距離 10 cm のレンズで集光し、水や NaCl 水溶液に照射した。そして、焦点でのプラズマ発光を側方 90° からフィルターを含む焦点距離 6 cm の集光系により光ファイバーに導き、波長分解能 1 nm の分光器で観測した。フィルターは、レーザーの散乱光をカットするために 730 nm 以上の波長をカットするものを使用した。Fig.1 に LIBS のスペクトルを示す。波長~589 nm の信号が Na の D 線の発光であり、信号強度が濃度に依存していることが分かる。

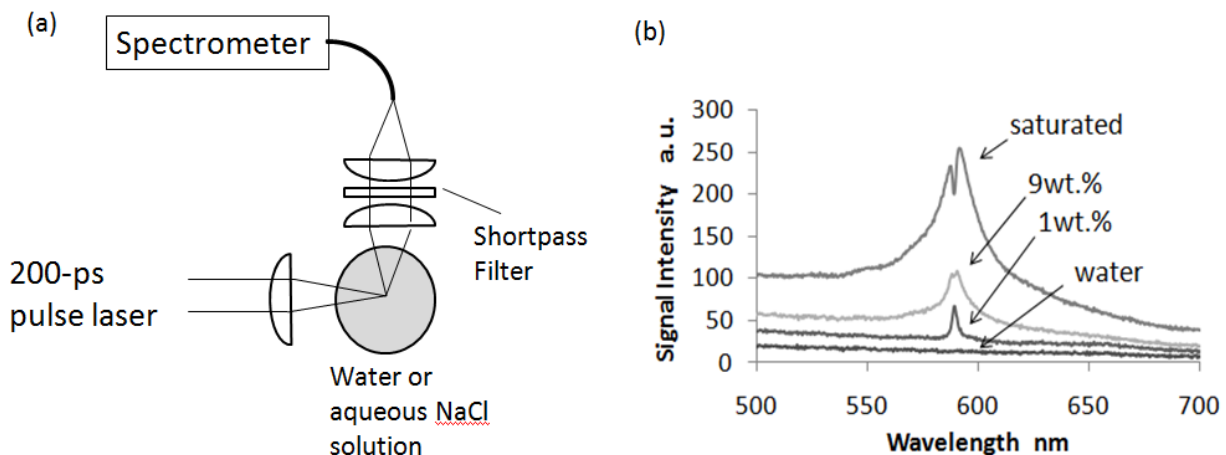


Fig.1. (a) Schematic of experimental setup and (b) LIBS spectra of water and aqueous NaCl solution under excitation with 200-ps pulses.

3. フェムト秒パルスレーザーでの水-大気界面の Na 測定

パルス幅 100 fs のパルスレーザーを用いて先と同様の実験を行ったところ、Na の発光を観測することができなかった。そこで、プラズマが水中よりも生成しやすい、溶液-大気界面での観測を行った。波長 800 nm、パルス幅 100 fs、繰り返し 1 kHz、パルスエネルギー 274 mJ のパルスレーザーを焦点距離 15 cm のレンズで集光し、水や NaCl 水溶液表面に上から照射した。そして、焦点でのプラズマ発光を後方 45° から焦点距離 6 cm の集光系により光ファイバーに導き、spectrometer で観測した。水、NaCl 水溶液の両者に見える ~656 nm の信号は H の発光であり、NaCl 水溶液だけに見える ~589 nm の信号が Na の発光となる。

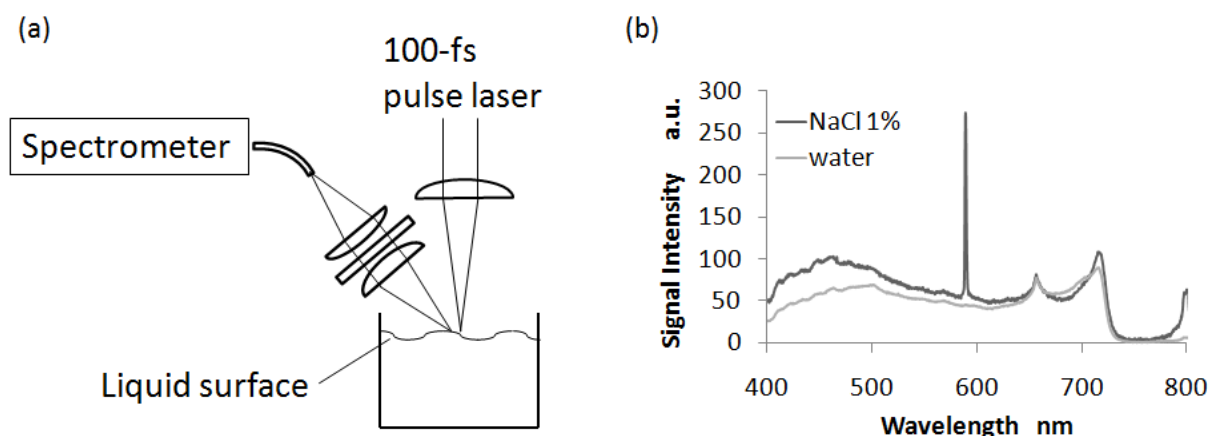


Fig.2. (a) Schematic of experimental setup and (b) LIBS spectra of water and aqueous NaCl solution surface under excitation with 100-fs pulses.

4. まとめ

LIBS を用いてピコ秒パルスレーザーでの水中の Na 信号の検出、フェムト秒パルスレーザーでの水-大気界面の Na 信号の検出に成功した。今後は、パルスレーザーのダブルパルス化、水中の金属の検出、圧力依存性などを検証したい。試料採取、回収を必要としない迅速なリモートセンシング解析方法として、LIBS はきわめて期待できる手法であり、その適用範囲の拡大が期待される。信頼できる深海リモートセンシングの開発のためには、海水および固体・溶液試料に対する十分な実験データの蓄積と検討が必要である。

参考文献

- 1) M. Lawrence-Snyder, et al. Applied Spectroscopy, **61**, 171-176, 2007
- 2) A. P. M. Michel and A. D. Chave, Applied Optics, **47**, G131-G143, 2008
- 3) O. A. Bukin, et al. Atmospheric and Oceanic Optics, **22**, 209-213, 2009