

## レーザー誘起絶縁破壊分光計 (LIBS) による岩石のその場元素分析 In-situ elemental analysis with laser-induced breakdown spectrometer (LIBS)

石橋 高<sup>1\*</sup>, 和田 浩二<sup>1</sup>, 並木 則行<sup>1</sup>, 荒井 朋子<sup>1</sup>, 小林 正規<sup>1</sup>, 千秋 博紀<sup>1</sup>, 大野 宗祐<sup>1</sup>

Ko Ishibashi<sup>1\*</sup>, Koji Wada<sup>1</sup>, Noriyuki Namiki<sup>1</sup>, Tomoko Arai<sup>1</sup>, Masanori Kobayashi<sup>1</sup>, Hiroki Senshu<sup>1</sup>, Sohsuke Ohno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉工業大学/惑星探査研究センター

<sup>1</sup> Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

岩石の鉱物組成・化学組成は、岩石の分類のみならず、それらの成因を知る上でも重要な手掛かりとなる。通常、岩石の鉱物組成や元素組成は、試料を実験室に持ち帰ってから測定される。しかし、フィールド調査においてその場でそれらの測定を行うことができれば、リアルタイムで理解を深めながら調査を遂行できる。また、より詳細な分析を行うために実験室に持ち帰る試料を採集する際にも、適切な試料を選定するための強力なツールとなる。現在我々が開発を進めているレーザー誘起絶縁破壊分光計 (Laser-Induced Breakdown Spectrometer; LIBS) は、野外で使用可能なその場元素分析装置である。

LIBS の測定原理は以下の通りである。レーザーパルス測定対象試料上に集光し試料の一部をプラズマ化する。プラズマが再結合する際の発光を分光器で測定し、得られるスペクトルを解析することで、試料の種類や元素組成を推定できる。LIBS は、( 1 ) 遠隔分析可能、( 2 ) 測定時間が短い、( 3 ) 高空間分解能、( 4 ) すべての元素を測定可能、( 5 ) 試料の前処理が不要といった特徴を持つ。遠隔測定が可能であるため、原理的には例えば露頭の上から下部までの走査測定といったことも可能である。測定は、1 測定点あたり数秒から長くても数十秒で完了する。空間分解能はレーザーの集光性能に依存するが、通常数十マイクロメートル程度である。LIBS では原理的には軽元素を含むすべての元素の測定が可能である。また、表面研磨などの前処理を行わなくても測定が可能である。

LIBS にはマトリックス効果による定量精度の低下という問題があった。試料の物理状態がレーザーと試料との相互作用に影響し、同じ元素組成の試料でも得られるスペクトル形状が異なることがある。そのような場合、きれいな校正曲線を作成することができず、元素濃度定量精度は低下してしまう。しかし、スペクトルの解析に多変量解析手法の一つである PLS 回帰法を用いることにより、この問題は解決されつつある。

今回、我々は野外に持ち出し可能な小型のポータブル LIBS を試作し、伊豆大島の裏砂漠 (三原山の麓) でフィールドにおける測定試験を行った。今回作製したものは、焦点距離を 5cm で固定した、近距離測定用の LIBS である。あらかじめ実験室で火成岩スタンダード試料の測定を行い、PLS 回帰モデルを作成しておいた。太陽光のもと、転石や溶岩流などの測定を行ったが、十分に S/N の良いスペクトルを得ることができた。それらのスペクトルから得られた元素組成は玄武岩組成として概ね妥当なものであった。

今後は、使用目的に合わせた装置の改良を目指す。例えば、人間の接近が難しい地点の測定を行うために測定距離を延長したり、顕微カメラを搭載することで測定部のテクスチャーを観察しながら測定を行うといったことが考えられる。また、より精度の高い元素組成測定を行うために、岩石のスタンダード試料を充実させてゆく予定である。

キーワード: 元素組成, 元素分析装置, フィールド調査

Keywords: elemental composition, elemental analyzer, field research