

レーザー誘起ブレイクダウン分光法によるセシウムエアロゾルの遠隔検知

Standoff detection of cesium aerosol by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy

¹伊澤 淳、²横澤 剛、¹倉田 孝男、¹松永 易、³江藤 修三、³藤井 隆

J. Izawa, T. Yokozawa, T. Kurata, Y. Matsunaga, S. Eto, and T. Fujii

¹(株)IHI、²(株)INC エンジニアリング、³(財)電力中央研究所

IHI Corporation, INC Engineering Co., Ltd.

Central Research Institute of Electric Power Industry

Abstract :

We report the remote sensing of cesium aerosol by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) using a nanosecond-pulsed laser. By breakdown with second harmonic of Nd:YAG laser, LIBS spectrum of cesium aerosol (D2; 852.1nm) was observed. We show and discuss the characteristics of LIBS for Cs aerosol by ns-laser. We also report the experimental results using a femtosecond-pulsed laser.

1. はじめに

レーザー誘起ブレイクダウン分光法(Laser -Induced Breakdown Spectroscopy; LIBS)は、特定の物質を高い感度と空間分解能で検知できる手法として、物質中の微量元素分析に広く用いられている。我々は以前にこの LIBS 手法を遠隔検知に適用し、ナノ秒パルスレーザーによるスタンドオフ LIBS システムを用いた大気中のセシウムエアロゾル検知を報告している¹⁾。今回はその実験結果の解析を行い、特性詳細についての考察を行ったので報告する。

2. 試験概要

図1は実験装置の概要である。ナノ秒LIBSの光源として、Nd:YAG レーザの2次高調波(波長532nm、パルス幅5ns、最大エネルギー500mJ、繰り返し周波数10Hz)を用いている。レーザー光は凹レンズ(焦点距離50mm)にて拡大後、放物面凹面鏡(φ200mm、f1000mm)にて約15m先に集光している。集光点でのスポット径は、ビームのM²値(約5)および光線追跡解析から約φ0.2mmと推定している。集光点には塩化セシウム水溶液を用いたエアロゾルジェネレータによるセシウムエアロゾルを噴霧させている。エアロゾルはアクリルパイプ(内径φ100mm、長さ2m)の終端部に噴霧し、中央部分から吸引することにより安定した濃度と噴霧ボリュームを形成している。Cs エアロゾルのブレイクダウン

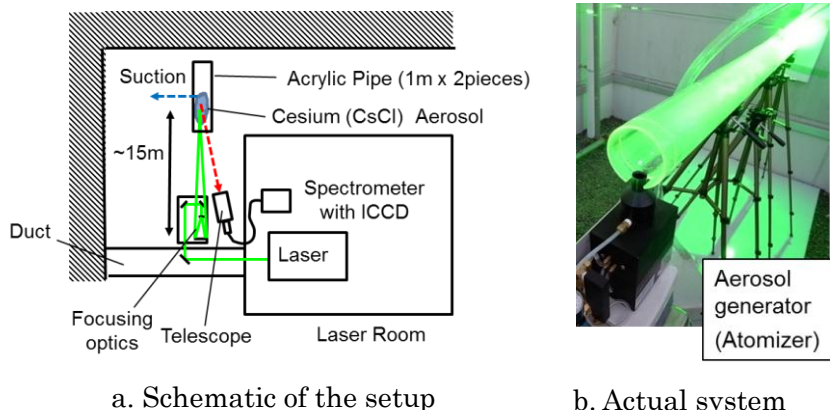


Fig.1 Experimental setup

により発生したプラズマ光はレーザー照射部付近に設置したカセグレン型望遠鏡（φ200mm）にて集光し（集光距離約13m）、バンドルファイバー（バンドル径φ1mm）を介してICCDカメラ付分光器にて分光計測を行っている。

3. 試験結果

図2に実験結果を示す。図2aはこの試験における典型的なLIBSスペクトルである。波長852.1nm付近にCs-D2線のピークが確認できた。図2bでは、エアロゾル噴霧の不安定性を補正するため、同時に取得したH α 線（656.3nm）の強度を基準とした強度補正を行い、濃度依存性を求めた。図2bは、このピークをもとに求めた濃度依存性である。横軸のCs水溶液濃度に対し、縦軸の信号強度が線形に増加しており、このピークがCs由来のものであることを示している。

また、我々は遠隔エアロゾル検知における高出力フェムト秒レーザーの特性²⁾に着目し、フェムト秒レーザーを用いた検知システムの検討を行っている³⁾。Csのエアロゾル検知においてもフェムト秒レーザーを用いた原理検証を行い、ナノ秒の実験と同様の構成によりセシウムエアロゾルのスタンドオフLIBS計測に成功した。ナノ秒レーザーの実験結果と同様に、波長852.1nmのCs-D2線を確認することができた。フェムト秒レーザーの実験結果については現在、実験結果の解析を進めるとともに、精度向上のための追加実験を計画している。

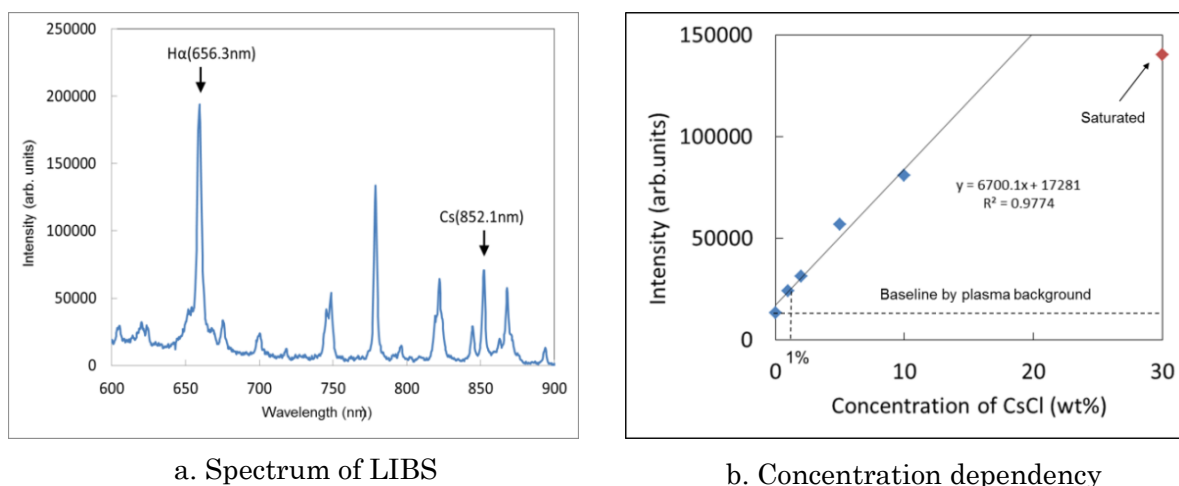


Fig.2 Experimental results

4. まとめ

我々はパルスレーザーを用いたLIBSによる遠隔エアロゾル検知システムの検討を行っており、その一環としてナノ秒レーザーおよびフェムト秒レーザーによるCsエアロゾル検知の実験を行い、距離約10mにおける信号の遠隔検知に成功した。当日の講演では、その他の実験データを含めた特性詳細の考察結果および、その考察を受けたシステム化における予測性能（計測濃度に対する検知限界距離など）の検討結果、フェムト秒実験結果の速報を報告する。

参考文献

- 1) J. Izawa et al., Proceedings of International Conference on Laser Applications in Nuclear Engineering (LANE'13), Yokohama, Japan, April 23-25, 2013.
- 2) 藤井他；第24回レーザーセンシングシンポジウム予稿集(2005年)p.23.
- 3) 横澤他；第31回レーザーセンシングシンポジウムにて発表予定。