

## トムソン散乱法による減衰アークプラズマの電子密度・温度の時間・空間分解計測

Spatial distributions and temporal evolutions of electron density and electron temperature  
of decaying arcs using Thomson scattering

竹中 章太<sup>1\*</sup>, 富田 健太郎<sup>1</sup>, 内野 喜一郎<sup>1</sup>, 中野 智之<sup>2</sup>, 出村 雄樹<sup>3</sup>, 田中 康規<sup>3</sup>  
九州大学<sup>1</sup>, 電力中央研究所<sup>2</sup>, 金沢大学<sup>3</sup>

Shota TAKENAKA<sup>1</sup>, Kentaro TOMITA<sup>1</sup>, Kiichiro UCHINO<sup>1</sup>, Tomoyuki NAKANO<sup>2</sup>, Yuki DEMURA<sup>3</sup>, Yasunori TANAKA<sup>3</sup>  
Kyushu Univ.<sup>1</sup>, CRIEPI<sup>2</sup>, Kanazawa Univ.<sup>3</sup>

## 1. 研究背景

電力用開閉装置の一つであるガス遮断器 (GCB) の開発では、数値解析技術への期待は大きい。しかし数値解析を裏付けるアーク状態の実計測データは乏しく、精密な計測によるアークプラズマのパラメータ (電子密度・温度) の計測データ蓄積が求められている。本研究ではアーク現象の理解のために、最も基礎的な過程であるフリーリカバリ状態でのアーク減衰過程における電子密度・温度の径方向分布および時間進展把握を、レーザートムソン散乱法 (LTS) や自発光観測を中心に行っている。

## 2. 原理

本実験では 1 気圧下でアーク放電を発生させ、可視波長域のプロブレーザーでトムソン散乱を行った。得られた電子密度は  $10^{20}$ - $10^{23}$   $m^{-3}$ , 電子温度は 0.5-2eV 程度である。得られる散乱光スペクトルは協同散乱と非協同散乱をまたぐ形となるが、どちらの散乱領域においても、電子項スペクトル幅 (半値全幅) は 2-8 nm 程度で、同一の分光器で観測可能である。協同散乱領域ではスペクトル形状から電子密度 ( $n_e$ )・電子温度 ( $T_e$ ) が求められる。非協同散乱領域では、スペクトル幅から  $T_e$  が、絶対値校正された散乱光強度から  $n_e$  が求められる。

## 3. 実験概要

図 1 に実験装置の概要図を示す。PTFE 製のノズル空間内に Cu-W 製の対向電極が配置されている。ノズルスロット部は直径 10 mm で、開極距離は 50 mm である (図 1 は開極状態)。放電ガス (Air, CO<sub>2</sub> および Ar) は、チャンバ内を一旦真空引きしたのちにチャンバ下部から流量 100 L/min. で導入する。チャンバ内圧力が 0.1 MPa に達した際に閉極状態の電極に電流を流し、開極によりアークを生成する。アークを一定時間維持 (定常状態) した後にはパワー半導体 (IGBT) を導通させ、アーク電流を直流 50 A から 0 A にステップ状に変化させフリーリカバリ状態のアーク減衰過程を作り出した。プロブレーザー (Nd:YAG レーザー第 2 高調波, 波長 532 nm) を、レンズを用いてアークに集光照射した。ノズルには、レーザー入射、出射用および 90° 方向からの散乱光を取得するための小穴が開けられている。散乱光の一部を、レンズで集光し差分散型三回折格子分光器に

導いた。検出器には ICCD カメラを使用し、散乱スペクトルと理論スペクトルとのフィッティングを行い、 $n_e, T_e$  を決定した。図 2 に ICCD カメラで得られたトムソン散乱の画像と、フィッティングの例を示す。またアークの生成位置は、ガス種によっては必ずしも再現性があるわけではない。今回新たにアークの自発光観測を行い、アークに対するレーザー照射位置の観測を、トムソン散乱計測方向に加え、図 1 の破線で示すようにそれと直交する方向から、高速度ビデオカメラを用いて行った。現在、計測結果と数値シミュレーションの比較や、レーザー計測に伴う電子温度加熱の影響について考察を進めている。

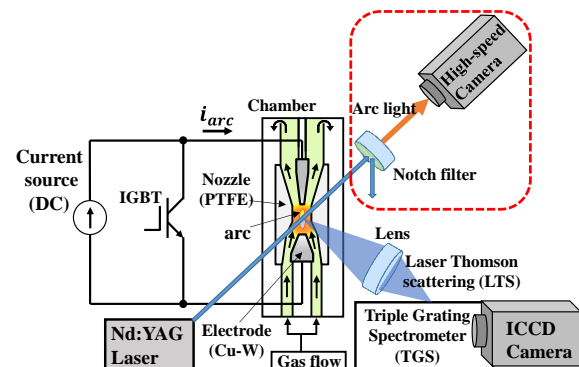


図 1: 実験装置の概要

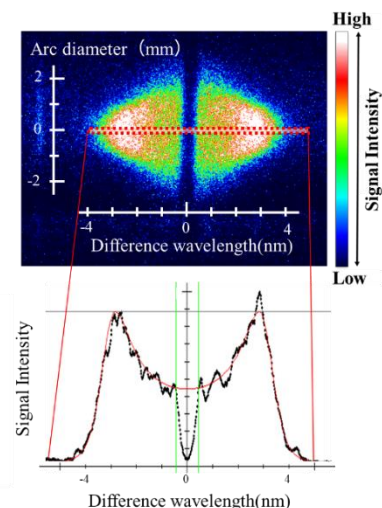


図 2: ICCD カメラによるトムソン散乱の像、及びトムソン散乱スペクトルとフィッティングの曲線の例