

次世代直流・交流電力システムを視野に入れたSF₆・代替ガスアーク遮断現象の高精度実験および高精度数値解析

「パワー半導体を活用した高精度実験」と「非平衡性、3次元の高精度電磁熱流体解析」との組み合わせによるSF₆・代替ガス大電流アークの遮断現象の解明

【代表者】 金沢大学・田中 康規 教授
【共同研究者】 筑波大学・藤野 貴康 准教授、九州大学・富田 健太郎 助教、東京電機大学・鈴木 克己 特別専任教授

(所属・職位は採択当時のもの)

背景

- 再生可能エネルギーの大規模導入に向け、直流系統での運用を視野に入れた高品質・高信頼性の高圧送電技術の必要性
- 温室効果が高いSF₆の使用量を抑えた、或はこれに替わる消弧媒体や新概念を導入した遮断方式の必要性
- 遮断技術開発において不可欠となるアーク遮断現象の根本的学理の解明

目的

- パワー半導体の活用による制御されたアーク遮断現象の再現と、高速ビデオ観測・発光スペクトル観測およびレーザトムソン散乱法による時空間分解能の高い電子温度・電子密度の測定
- 電磁熱流体数値解析モデルによる熱的非平衡性、反応論的非平衡性、高精度2次元・3次元流れ構造・圧縮性効果、3次元構造、磁場の影響を考慮した電磁熱流体解析

高次制御実験と、高精度な数値解析の両者からアーク遮断現象にアプローチ

高次制御実験

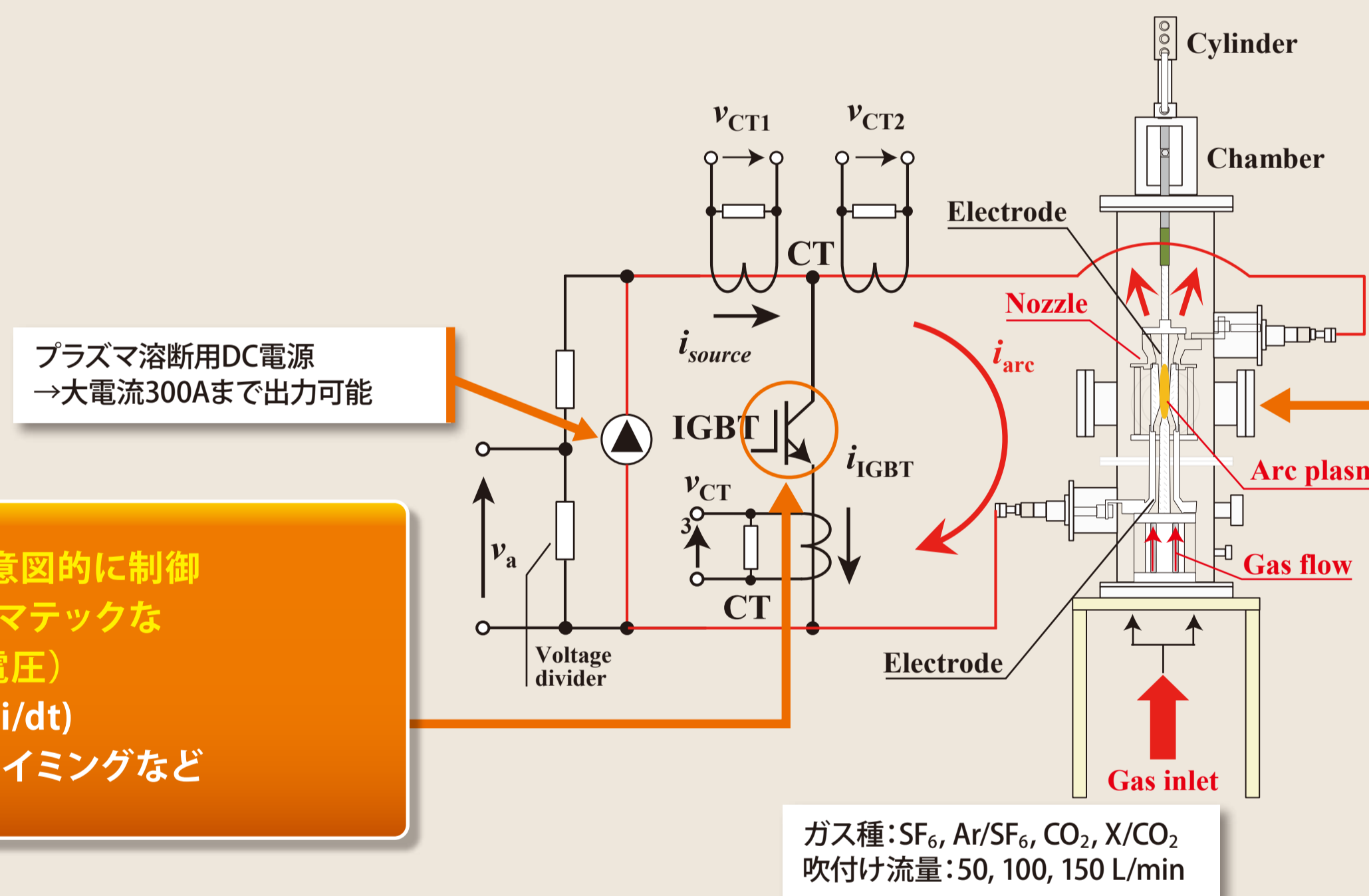
パワー半導体を用いた制御型ガス吹付けアーク遮断現象の実験的アプローチ

実験分担(総括:金沢大・田中)

- 電極駆動装置、チャンバ
- 遮断現象助言:東京電機大・鈴木
- 高速ビデオ・スペクトル観測:金沢大・田中
- トムソン散乱:九州大・富田

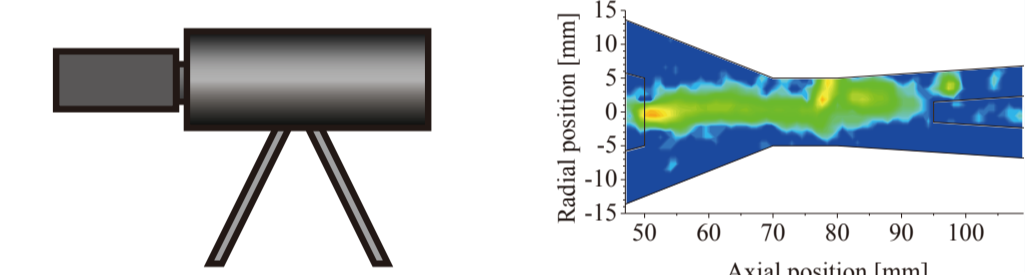
プラズマ溶断用DC電源
→大電流300Aまで出力可能

パワー半導体(IGBT)を用い、意図的に制御
→高次に電流制御したシステム的な
データ収集が可能(電流、電圧)
●アークへの電流変化率(di/dt)
●過渡回復電圧TRV印加タイミングなど

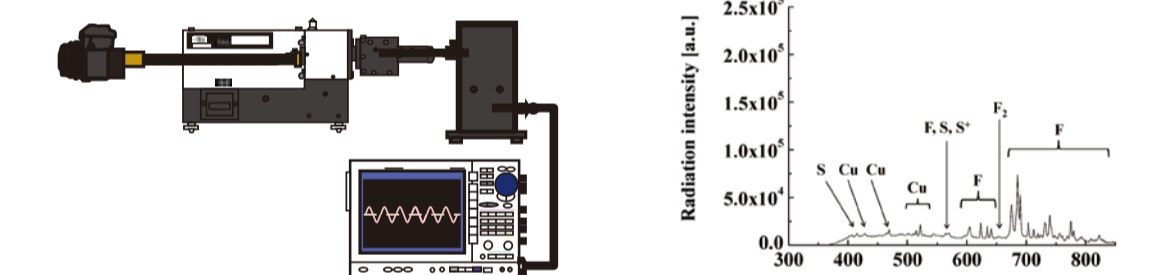


ガス種:SF₆, Ar/SF₆, CO₂, X/CO₂
吹付け流量:50, 100, 150 L/min

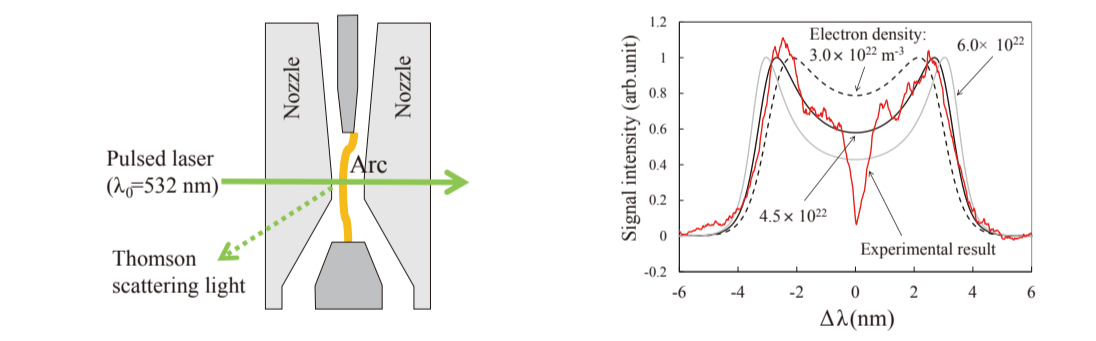
高速ビデオ観測(200,000fps)→ノズル空間内アーク挙動



発光スペクトル観測→温度



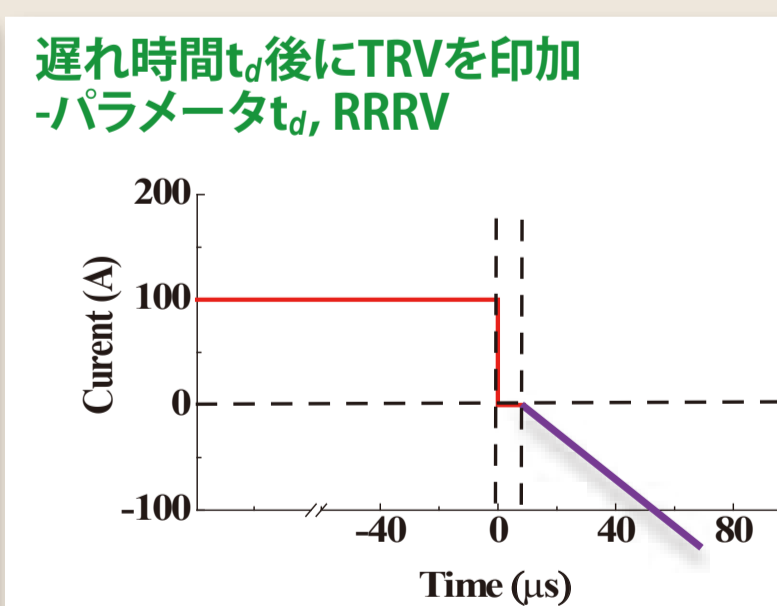
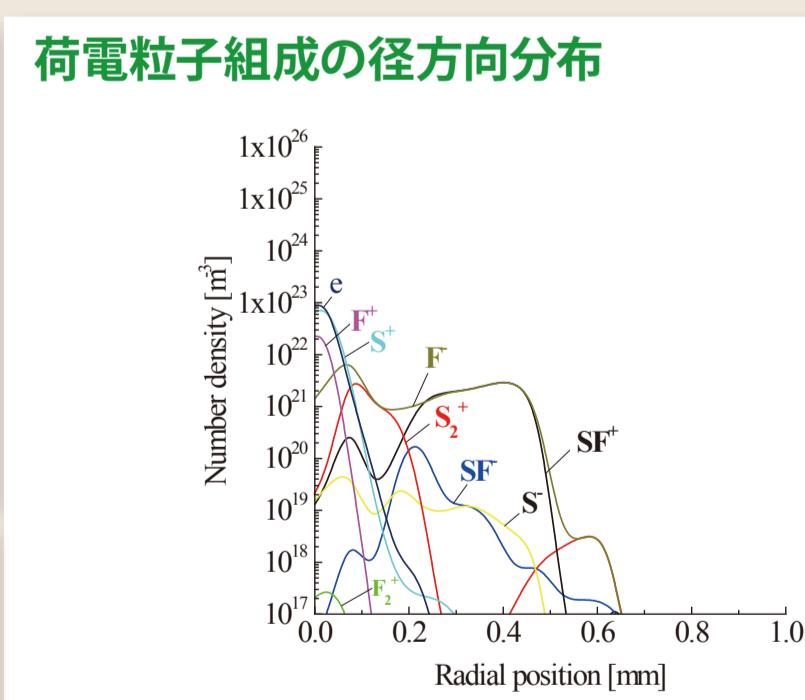
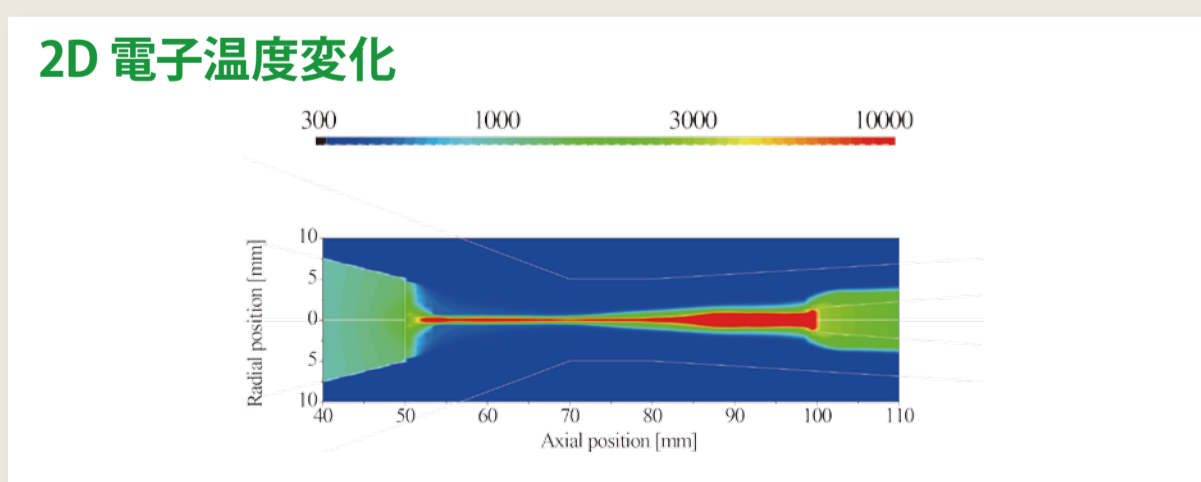
レーザトムソン散乱法による電子密度測定



数値解析

遮断アークプラズマの高精度電磁熱流体解析によるアプローチ

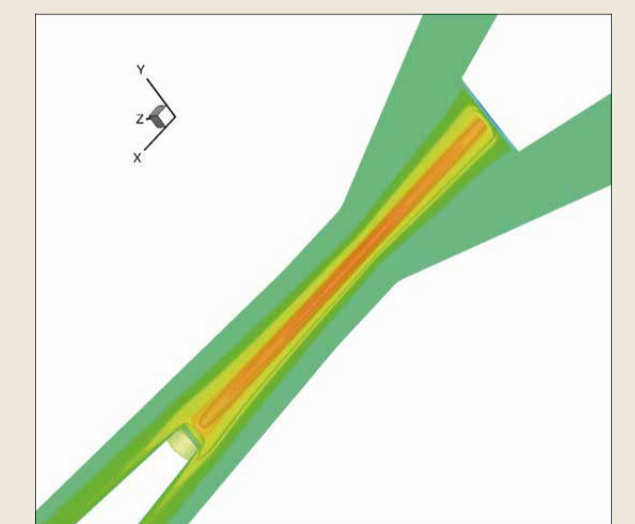
熱的・反応論的非平衡モデルの構築・改良→アーク遮断時の詳細な物理解明



アーク遮断時における反応論的、熱的非平衡性に起因する温度、電子密度への効果は? →ガス種、ガス流量、di/dt、TRV印加条件

高精度2D/3D圧縮性電磁熱流体モデルによる遮断アークの解析

- 高精度2次元/3次元圧縮性熱流体解析(対流項高精度化)
- ガス種SF₆, Ar/SF₆, CO₂, X/CO₂
- 自己、外部磁場、スワール効果
→アーク温度、電子密度に与える影響



アーク遮断時における対流効果、3次元構造、3次元的效果に起因する温度、電子密度への効果は? →ガス種、ガス流量、di/dt、TRV印加条件

数値解析分担(総括:金沢大・田中)

- 2D反応論的非平衡モデル、2D熱的・反応論的非平衡モデル構築:金沢大・田中
- 高精度2D/3D圧縮性電磁熱流体局所熱平衡モデル、磁場モデル:筑波大・藤野

大電流アーク遮断現象を学理的に解明

SF₆に替わる消弧媒体や新概念を導入した遮断方式の実現

高品質・高信頼性の
大規模電気エネルギー供給実現へ