電磁力を利用した大電力遮断技術の研究

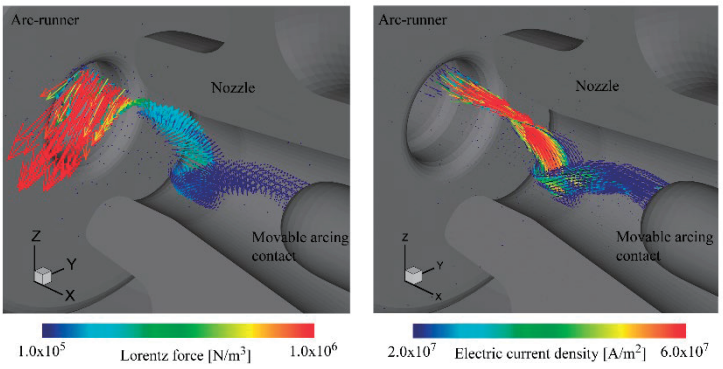
関連するSDGsの国際目標

工学部　電子システム工学科　　准教授　　平山　智士
研究分野　：電磁流体力学、プラズマ工学
研究室ＨＰ：　http://www.e.usp.ac.jp/~eprw/

概要：大電力系統用遮断器では、放電により生じる高温のプラズマを冷却することで電極間を電気的絶縁状態に回復させ、電流を遮断する。電磁力によりプラズマの挙動を制御し、冷却を促進させることで遮断器の高性能・小型化を目指し研究を進めている。

■磁界印加型交流遮断器の数値シミュレーション

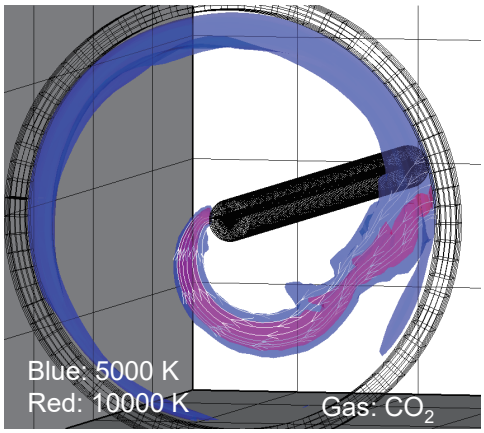
電力系統内で事故が発生した際には迅速に電流を遮断する必要があり、遮断器がその責務を担っている。遮断器における電流遮断の成否は電極間に生じるアークプラズマの特性に強く依存する。電磁力によりアークプラズマを回転させることで、プラズマの温度低下を促進できると期待される。電磁気学および流体力学にもとづく高度な数値シミュレーションにより遮断器内部の現象を再現することで、印加磁界が電流遮断能力に与える効果について検討している。



大電力遮断器のシミュレーション例：電磁力（左）と電流密度（右）の三次元分布

■電磁力を利用した低環境負荷遮断器の研究

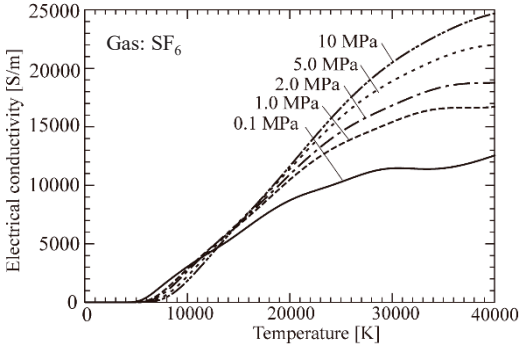
電流遮断ガスとしての優れた特性から、SF_6ガスが遮断器では一般的に利用される。一方で、SF_6ガスは非常に強い温室効果を持つため、環境負荷の低いガスの使用が検討されているが、現時点ではSF_6に匹敵する電流遮断ガスは見つかっていない。本研究では、電磁力により遮断能力を補うことで、低環境負荷ガスを利用した遮断器の実現を目指している。現在は、SF_6代替ガスの最有力候補として考えられているCO_2ガス環境下での基礎的な検討を行っている。



CO_2ロータリーアークのシミュレーション例：等温面と電流流線

■高温プラズマの熱力学的諸量・輸送係数計算

遮断器内のアークプラズマや周囲ガスの温度・圧力は非常に広い範囲（温度：300～40000 K、圧力：0.1～5.0 MPa）で変動し、それに伴い質量密度、内部エネルギーといった熱力学的諸量や電気伝導率、熱伝導率といった輸送係数も大きく変化する。本研究では、プラズマ中の組成変化（解離、電離、再結合）やエネルギーモード（並進、振動、回転、電子励起）、各粒子間の衝突断面積を考慮し、熱統計力学にもとづき熱力学的諸量・輸送係数を計算する。SF_6やCO_2といった電流遮断ガスだけでなく、空気（N_2、O_2）やアルゴンといったガスへも本研究は応用可能である。



SF_6プラズマの電気伝導率の理論計算結果