

外部磁場印加時のアークプラズマ陰極溶融池の動的挙動

Dynamic Behavior of Arc Plasmas Molten Cathode with External Magnetic Field

上杉喜彦¹、高田伸浩¹、諏訪部恭平¹、大邊優太¹、田中康規¹、石島達夫¹、山口義博²
 UESUGI Yoshihiko¹, Takata Nobuhiro¹, SUWABE Kyohei¹, OBE Yuta¹, TANAKA Yasunori¹,
 ISHIJIMA Tatsuo¹, YAMAGUCHI Yoshihiro²

¹ 金沢大理工, ² コマツ産機

¹Kanazawa Univ., ²Komatsu Ind.

1. はじめに

磁場閉じ込め熱核融合炉において、Type-I ELM やディスラプション発生時にミリ秒スケールで 100 MW/m²~数 GW/m² の過渡的かつ局所的熱流入によるダイバータ板等のプラズマ対向材の溶融・蒸発損耗の問題が重要視されている。我々は、これまでに上記熱流値と同程度の熱流を有する大電流アーク放電を用いた電流遮断やアーク電極の溶融・蒸発損耗過程の解明を行ってきた。これらの研究の中で、アーク溶融陰極点の流体的挙動や陰極溶融面からの過渡的な液滴飛散などの観測からアーク溶融陰極点への高い熱流入やその動的応答性がディスラプションや液体ダイバータに関する基礎実験環境の一つを提供するものと考えている。

2. 外部磁場印加による陰極溶融池制御の試み

アーク放電電流波は主として陰極からの熱電子放出で維持されるが、流れる電流が大きくなるにつれて必要な熱電子放出のために、陰極点は加熱・溶融した状態で安定化されることが知られている。このような自己形成・安定化されているアーク陰極溶融池に外部磁場を印加すると液体状態にある陰極を流れるアーク電流と外部磁場によるローレンツ力の作用により、通常ガス流や熱効果による対流に加えて電磁力による対流が発生し、溶融陰極池の形状や熱分布に影響を与えることが考えられる。今回の実験では、アークトーチの内部または外部に永久磁石を配置し、アーク放電軸に平行な軸方向磁場を印加したときのアーク陰極溶融池の動的な振る舞いを可視高速カメラで観測した結果および初期解析結果について報告する。

3. 外部磁場印加の陰極溶融池の高速カメラ撮影結果

アークトーチ外部に設置した円環状永久磁石により約 50 mT の縦磁場を 30 A 直流アーク放電の陰極近傍に印加したときのアーク陰極溶融池の回転が誘起される様子を図 1 に示す。この回転は、溶融金属池を流れる電流 $J(j_r, 0, j_z)$ とリング状ネオジム磁石による磁場 $B(0, 0, B_z)$ によりローレンツ力 $F(0, F_\theta, 0)$ が主として溶融金属池の回転方向に生じたためだと考えられる。磁場を反転すると回転方向も逆転することも確かめている。可視高速カメラの RGB 画像から溶融陰極の表面温度を評価した結果、高温領域が溶融陰極池の外側に移動する事が観測された。このことは、外部磁場印加により熱電子放出や陰極蒸発損耗に大きく影響することを示唆するものである。

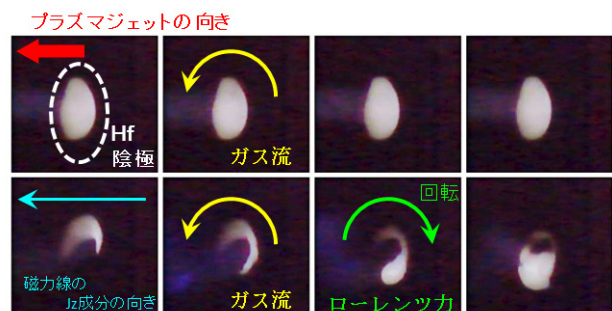


図 1 30A の直流アーク放電への軸方向磁場の有 (下図)・無 (上図) による溶融陰極値の挙動の変化、印加磁場強度: 50 mT、1.25 ms 毎のコマ撮り