

熱陰極アーク放電における水素プラズマ生成時の 放電電極への流入熱負荷特性の評価

Evaluation of Heat Load Characteristics for Discharge Electrodes during Hot Cathode Hydrogen Plasma Arc Discharge

宮内礼那, 江角直道, 東郷訓, 瀬戸拓実, 重松直希, 岡本拓馬, 高梨宏介, 高橋理志,
河原大翔, 河野恵士, 田村香瑛, 高橋征大, 中嶋洋輔, 坂本瑞樹
R. Miyauchi, N.Ezumi, S. Togo, T. Seto, Y. Nakashima, M. Sakamoto, *et al.*

筑波大学プラズマ研究センター
Plasma Research Center, Univ. of Tsukuba.

1. はじめに

原型炉開発の重要な課題であるダイバータ設計においては、原型炉級ダイバータ模擬装置による実験を通じた物理解明が不可欠である。そこで筑波大学プラズマ研究センターでは、原型炉級ダイバータ模擬装置の建設に資する Pilot GAMMA PDX-SC (Pilot 装置)を建設中である。本 Pilot 装置では、熱陰極アーク放電をプラズマ源として高密度水素プラズマ生成を目指している。しかし水素放電は、他のガス種と比べて不安定で高密度化が難しく、放電電極や容器は大きな熱負荷に晒されるという課題がある。そこで本研究は、Pilot 装置のファーストプラズマの生成に使用した熱陰極アーク放電プラズマ源における放電電極への熱負荷特性について、冷却水の温度変化から評価し、生成された水素プラズマとの関係性について議論することで、水素放電の安定化ならびに高密度化に向けた知見を得ることを目的とする。

2. 実験方法

本研究で用いた熱陰極アーク放電装置はLaB₆熱陰極、5つの中間電極、陽極から構成されるTPD型の装置である(図1)。陰極は裏面からカーボンヒーターを用いて加熱する傍熱型を採用している。放射温度計を用いてLaB₆表面温度を計測しLaB₆加熱特性を、ヒーターの消費電力とともに調べた。また陰極加熱時と水素プラズマ生成中の冷却水の温度を比較し、各電極への熱負荷特性を評価した。各電極等は各々独立に冷却可能な配管を施し、各系統には温度測定可能な流量計を設置した(図2)。

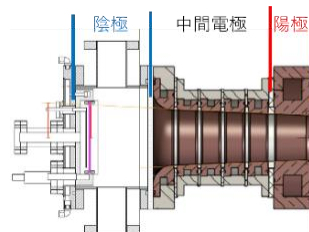


図1 Pilot GAMMA PDX-SCの
アークプラズマ源概略図

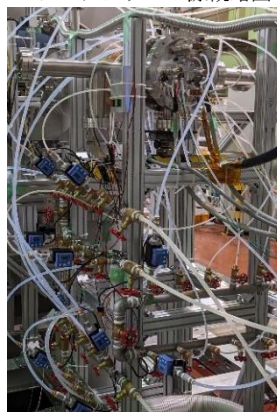


図2 アークプラズマ源電極の
冷却システム概観

3. 結果及び考察

各電極における熱負荷 Q [kW]は各電極に流れる冷却水の流量 F [l/s]と温度変化 ΔT [°C]を用いて次式から評価すると

$$Q \text{ [kW]} = 4.19 \times F \times \Delta T \quad (1)$$

表1のようになった。ここで中間電極1は5つの中間電極のうち最もカソードに近く、中間電極5は最もアノードに近い中間電極である。これらのうちアノードが最も熱負荷が大きいことが分かる。アノードは放電電流を担う大きな電子粒子束によって、熱輻射の大きいLaB₆から最も離れているにも関わらず、熱負荷が最も大きくなったと考えられる。今回初期実験であることを考慮して安全性を確保するために、流量を多く設定したこともあり、温度測定精度は十分ではなかったが、電極間のおおよその熱負荷の違いを確認することができた。

講演ではヒーター・LaB₆の加熱特性や、ファーストプラズマの生成にあたり判明したPilot装置での熱に関する諸課題とその対応についても報告する予定である。

表1 各電極の冷却水流量とその温度変化,熱負荷

	流量 F [l/min]	温度変化 ΔT [°C]	熱負荷 Q [kW]
カソードフランジ	5.9	1.0	0.42
カソード容器	1.7	1.0	0.12
中間電極 1	3.3	1.0	0.23
中間電極 5	3.2	0.0	0.00
アノード	7.6	2.0	1.1

本研究の一部は、NIFS 双方向型共同研究 (NIFS19KUGM137,NIFS20KUGM148,NIFS17KOAF005)により支援された。