

磁化プラズマの直径に与えるリング電極および陽極開口部形状の効果

Effect of a Ring Electrode and the Structure of an Anode Aperture on Magnetized Plasma Diameter

近藤 綾音¹, 江角 直道¹, 杉山 吏作¹, 蒲生 宙樹¹, 瀬戸 拓実¹, 重松 直希¹, 坂本 瑞樹¹,
林 祐貴², 利根川 昭³, 大野 哲靖⁴, 増崎 貴²

A. Kondo¹, N. Ezumi¹, M. Sakamoto¹, Y. Hayashi², A. Tonegawa³, N. Ohno⁴, S. Masuzaki², *et al.*

¹筑波大プラ研究セ, ²核融合研, ³東海大理, ⁴名大工

¹Plasma Research Center, Univ. of Tsukuba, ²NIFS, ³Tokai Univ., ⁴Nagoya Univ.

1. はじめに

原型炉ダイバータの設計を進めるには、ダイバータプラズマ模擬実験によるダイバータ領域の詳細な物理・化学過程の理解に基づく、シミュレーションコードの高度化が不可欠である。そこで原型炉で想定される強磁場下での高温、高密度のプラズマを生成可能な新たな実験装置の必要性が高まっている[1]。さらに、原型炉ダイバータ領域のような高いプラズマ密度、ガス圧力下での粒子・輻射輸送などを詳細に理解する際には高密度大口径プラズマが求められる。

そこで本研究では、プラズマ出射口となる陽極下流に設置したリング状追加電極の効果および、陽極開口部の形状と陽極周辺の磁場配位に着目した実験を行い、それらがプラズマ直径に与える影響を定量的に評価し、プラズマ大口径化に関する知見を得ることを目的とした。

2. 実験方法

本研究に用いた小型直線型プラズマ装置CTP-HC(Compact Test Plasma device with Hot Cathode)は、LaB₆熱陰極、浮遊電極、および直径4 mmから18 mmにテーパ状に開いた形の開口部を有する陽極で構成される熱陰極アーク放電プラズマ源とプラズマテスト部からなる装置である。

今回、以下の3つの実験を行いプラズマの径方向分布の変化等を調べた。(1) リング状追加電極に関する実験は、陽極より30 mm下流に直径25 mmの電極を設置し、-120 Vから+20 Vまでバイアス電圧を印加した。(2) 陽極開口部の形状に関する実験は、テーパ開口部の角度を維持したまま直径18 mmから40, 60, 80 mmに変化させた陽極を用いて行った。(3) 陽極周辺の磁場配位に関する実験は、放電部に2つの追加コイルを設置し、陽極前方にカスプ磁場を形成して行った。計測は放電部から約30 cm下流で、ラングミュアプローブと可視領域分光器を用いて行い、電子密度、電子温度、プラズマ電位および発光スペクトルの径方向分布を取得した。

3. 結果および考察

リング状電極を用いた実験では、負のバイアス電圧を印加した際に周辺部で密度分布が広がる傾向がみられた一方、中心部の分布の変化は小さかった。

また、テーパ陽極を用いた実験では、陽極開口部直径の増大に伴うプラズマ大口径化を期待したが、陽極開口部直径によらずプラズマの径方向分布に大きな変化はみられなかった。これは、プラズマ生成に関わる陰極につながる磁力線がプラズマの径方向分布に大きな影響を与えているためだと考えられる。

そこで、放電部に追加でコイルを設置することにより開いた構造の磁場(カスプ磁場)を形成し、陰極につながる磁力線が陽極下流で広がる配位とした。図1にアルゴンプラズマの発光の様子を示す。カスプ磁場に沿ってプラズマの分布が変化していることがわかる。図2に電子密度の径方向分布を示す。カスプ磁場を形成すると半値幅で約2倍のプラズマ直径の大口径化がみられ、磁場形状を局所的に制御することで、放電部、テスト部の磁場はほぼ一定のままプラズマ径制御が可能であることを示した。講演では、物理機構の考察についても報告する予定である。

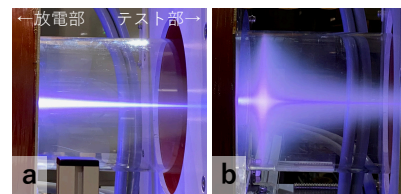


図1 アルゴンプラズマの発光の様子
(a) w/oカスプ磁場, (b)カスプ磁場形成時

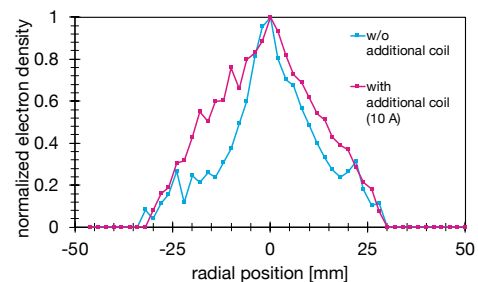


図2 カスプ磁場有無でのアルゴンプラズマの規格化電子密度分布の比較

本研究の一部は、核融合科学研究所LHD計画共同研究(NIFS17KOAF005)、双方向型共同研究(NIFS19KUGM137, NIFS20KUGM148)により支援された。

[1] K. Okano, *et al.*, Fusion Engineering and Design 136 (2018) 183.