

原型炉ダイバータプラズマ模擬に向けた2ターンフラットループアンテナによる 定常高密度ヘリコンプラズマの生成と特性評価

Evaluation of Steady-State High-Density Helicon Plasma Source with a Two-Turn Flat Loop Antenna for DEMO Divertor Simulation Plasma Generation

瀬戸拓実¹、江角直道¹、宮内礼那¹、重松直希¹、岡本拓馬¹、高梨宏介¹、
高橋理志¹、平田真史¹、東郷訓¹、坂本瑞樹¹、古川武留²、篠原俊二郎³
T. Seto¹, N. Ezumi¹, R. Miyaushi¹, M. Hirata¹, T. Furukawa², S. Shinohara³, *et al.*

¹筑波大プラ研セ、²神戸大、³東京農工大

¹Univ. of Tsukuba, ²Kobe Univ., ³Tokyo Univ. of Agriculture and Technology.

1. はじめに

原型炉実現の重要課題であるダイバータ開発には、ダイバータプラズマ模擬実験による物理の詳細な理解が不可欠である。しかし、既存の装置では原型炉ダイバータ領域で想定される定常高密度(10^{20} m^{-3} ~)、高温(100 eV~)の水素(重水素)プラズマを強磁場下(~2 T)で生成することは実現されておらず、これを満たすプラットフォームが強く求められている[1]。

ヘリコン波プラズマ源は数MHz、数kWの高周波(RF)によって定常高密度プラズマの生成が可能である。近年は、フラット形状のアンテナを用いたヘリコン波プラズマ源で大口径のアルゴンプラズマ生成も確認され[2]、原型炉ダイバータ模擬プラズマ生成への応用が期待されている。一方、フラットアンテナを用いた水素による高密度放電の実現には至っていない。そこで、本研究ではこの課題に対して、2ターンフラットループアンテナ(図1)を用いた新規ヘリコン波プラズマ源の開発を進めてきた。発表ではこれまでに得られた、水素とアルゴンでの5 kW以下における放電特性について報告する。

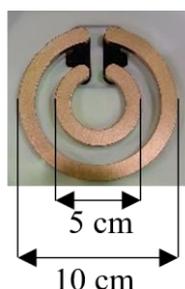


図1: 2ターンフラットループアンテナ

2. 実験方法

本研究では小型直線型プラズマ装置CTP (Compact Test Plasma device)を用いた(図2)。CTPは放電部と計測部で構成され、放電部にフラットループアンテナを設置し、13.56 MHzで最大出力30 kWのRF電源および整合回路を用いて、石英窓を通じて真空容器内に電磁波を入射した。計測部では、中央部に設置した可視領域分光器・ダブルプローブを用いて、プラズマ中心部の発光スペクトルと電子の密度・温度等の径方向分布を取得した。また、装置終端部に設置したエンドプレートを用いて、浮遊電位を計測した。

3. 結果、考察

図3にRF入射電力に対する、水素及びアルゴンプラズマの浮遊電位の変化を示す。水素とアルゴンはRF電力に対して異なる傾向を示していることから、空間電位あるいは電子温度が水素とアルゴンで大きく異なることを示唆しているといえる。またアルゴンでは弱磁場 (0.015 T), 2 kW付近で浮遊電位のジャンプが見られることから、放電モードが変化したと考えられる。このジャンプは電離に伴う電子温度の低下によると考えると、このとき電子密度は上昇していると示唆される。さらに電力をあげていくと浮遊電位が下がっていることから、電子温度が上昇していることも示唆される。講演では、発光スペクトル強度、ダブルプローブによる計測結果も併せて、電子密度と電子温度の電力依存性についても議論し、ヘリコン波による定常高密度プラズマ生成に向けた今後の課題についてまとめる。



図2: CTP装置におけるRF印加時の水素プラズマ放電の様子 (4.5kW 計測部0.04 T)

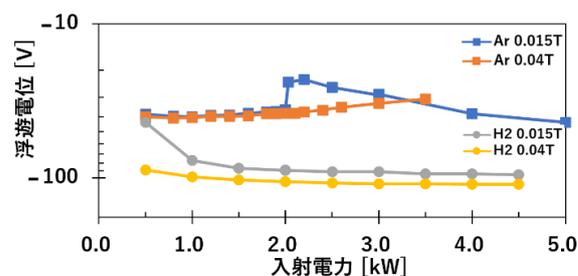


図3: エンドプレート浮遊電位の入射電力依存性

本研究の一部は核融合科学研究所双方向型共同研究(NIFS19KUGM137, NIFS20KUGM148)の助成を受けたものです。

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

[2] S. Shinohara, *Advances in Physics: X* VOL. 3, NO. 1, 1420424 (2018).