直接エネルギー変換によるダイバータ熱負荷軽減のための カスプ磁場型小型装置の改造

Refinement of a Small Cusp-type Device to Reduce the Divertor Thermal Loads by Direct Energy Conversion

吞田有也¹, 北原勇希¹, 市村和也¹, 中本聡¹, 竹野裕正¹, 松浦寛人², 中嶋洋輔³
Yuya NONDA, Yuki KITAHARA, Kazuya ICHIMURA, Satoshi NAKAMOTO, Hiromasa TAKENO¹, Hiroto MATSUURA², Yousuke NAKASHIMA³

神戸大工¹, 大阪府大放射線研究センター², 筑波大プラズマ研究センター³ Kobe Univ.¹, Radiation Res. Center, Osaka Pref. Univ.², Plasma Res. Center, Univ. Tsukuba³

核融合発電の実現に向けて開発が進められているトカマク型核融合炉では、ダイバータ板の熱負荷損傷が 課題となっている.熱負荷低減を実現する一つの方法として、カスプ型直接エネルギー変換器 (CuspDEC) を 応用する提案がある [1].ダイバータ板の手前に CuspDEC を設置して、流入プラズマの電子とイオンを分離 し、各粒子の電荷と同極性の電界を用いて減速することで、熱負荷低減を実現する.

電荷極性に応じた電界を用いるため,熱負荷低減のためには高い分離効率が必要である.これまでの研究で, 永久磁石によるカスプ磁場装置 (PM-CuspDEC) では,粒子の分離効率が不十分であるという結果がある [2]. 永久磁石の問題点は必ずしも明らかではないが,本研究では,分離効率の改善を見込むための PM-CuspDEC の改造について,コイル電流による磁場を用いた装置構成を粒子軌道計算より検討する.

PM-CuspDEC は小型であり、改造にあたっては構造に制約が存在する。制約を考慮したコイル配置の検討 結果とコイルがつくる磁力線分布の数値計算結果を、r-z断面として図1に示す。装置は軸対称で、z < 0の プラズマ源から右向きにプラズマが入射する。コイルAとコイルCには同方向、コイルBにはAとCとは逆 方向の電流を流すことで、z = 39 cm 付近に傾斜カスプ磁場を発生させている。装置のプラズマ引き込み部分 ($z = -20 \sim 30$ 程度)の容器最大内径が6 cm 程度であり、粒子軌道がこれを越えない条件が必要である。コイル X(X=A, B, C) に流す電流の絶対値を I_X として、 $I_A : I_B : I_C = 4 : 10 : 1$ で条件を満たし、これを標準とする。

図1のコイル配置条件で、コイルに流す電流比は固定したまま電流値を変化させ、入射半径 R 毎の単一電 子軌道計算を行った。電子の入射エネルギーは 50 eV としている。計算例を図 2、図 3 に示す。 $I_A = 16 A の$ 図 2 では R = 0.5 cm の電子を偏向することができていないが、 $I_A = 20 A$ の図 3 では偏向できている。これよ り、小さい入射半径の電子軌道を制御するためには、電流値を大きくすることが必要であることがわかる。



講演では,熱負荷低減の実証に向けた,模擬装置での熱量測定実験の結果も紹介する.本研究の一部は, NIFS, 筑波大学,神戸大学間の双方向型共同研究 (NIFS16KUGM109)の援助を得ている.

[1] K. Nishimura, et al., 9th APFA, TP-33 (2013).

^[2] T. Watanabe, et al., 25th ITC, P1-40 (2015).