

永久磁石を用いたカスプ型直接エネルギー変換器における粒子軌道計算 Numerical Analysis of Particle Orbits in a Cusp-Type Direct Energy Converter Using Permanent Magnets

西村 圭司¹, 富田 裕¹, 竹野 裕正¹, 八坂 保能¹, 市村 和也², 中嶋 洋輔²
K. Nishimura¹, Y. Tomita¹, H. Takeno¹, Y. Yasaka¹, K. Ichimura², Y. Nakashima²

¹ 神戸大工, ²筑波大プラズマ

¹ Kobe Univ., ² Univ. of Tsukuba

1. 背景／目的

核融合直接発電は次世代の発電方式として期待されており, 著者等のみならず, NASAにおいても研究がなされている[1]. 直接発電で粒子分離を行う装置であるカスプ型直接エネルギー変換器(Cusp-DEC)を, トカマクのダイバータ板に流れ込むプラズマへ応用できると考えた. 図1のように, イオンと電子を分離し, ダイバータ板たる捕集板に適切な電圧を印加することで, 各粒子の運動エネルギーを減らし, ダイバータ板の熱負荷を減らすことができると考えられる. ダイバータ部分にCuspDECを適用するためには小型化が重要であり, 本研究では永久磁石の使用を考えた. その模擬実験装置での粒子軌道計算に関する結果を発表する.

2. 数値計算モデル

数値計算は図2のような配置で行った. 永久磁石としてリング型を用い, その端面のカスプ磁場を利用する. 軌道を曲げられた電子はPlate 1にて, 直進するイオンはPlate 2にてそれぞれ捕集される. コイルA, Bは設置場所にあるガイド磁場を形成するものに対応しており, 主としてコイルBの電流で強度を調節する. 計算は, 以前の進行波型の解析に使用した計算コード [2] をカスプ型用に設定変更して行った.

3. 実験結果

図3はコイルAの電流値を $I_A = 50$ Aに固定し, コイルBの電流値 I_B を0 ~ 60 Aの間で変化させた時の, Plate1, 2に到達した電子の数を示している. なお, 電子の全入射数は600個で, 入射エネルギーは10 eVである. $I_B = 20$ AまではPlate 1に到達する電子は増えているが, $I_B = 20$ A以降になると減少していることがわかる. I_B の増大によって, 磁石の上流側のカスプ磁場が解消され, 磁石の中空部へ流入する電子が増大し, Plate 1に到達する電子が増える. さらに I_B が

増大すると, 磁石の下流側のカスプ磁場が解消され, Plate 1に到達する電子が減ったと考えられる. 講演では, 他の様々な磁場や粒子条件における数値計算の結果を発表する.

なお, 本研究はNIFSの双方向型共同研究(NIFS13KUGM082)および科学研究費補助金(25420255)の援助を受けた.

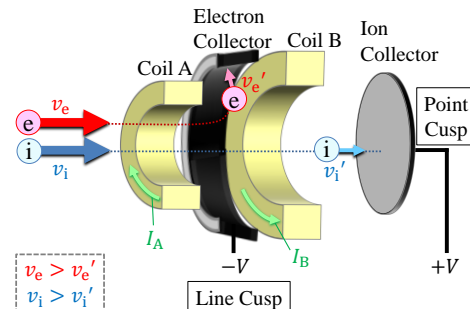


図1：荷電粒子分離の理論

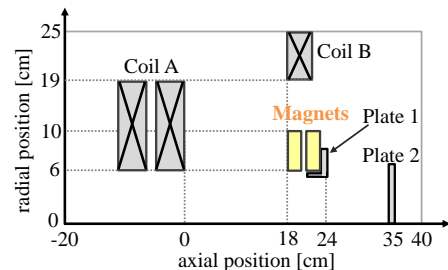


図2：計算モデル

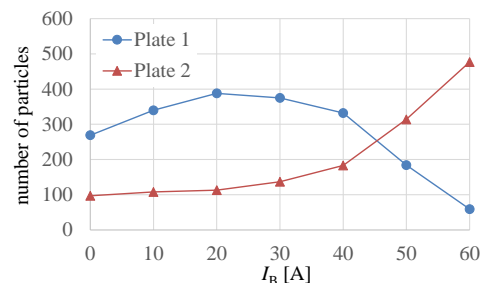


図3：各Plateに到達した粒子数の変化

- [1] J. Scott, 14th US-J IECF Workshop, S7P1 (2012).
- [2] K. Nishimura, et al., Fusion Science and Technology, Vol.63, 1T, 310 (2013).