

RT-1におけるポッケルス素子を用いた高 β プラズマ中のRF電場計測 Measurement of RF electric field in high- β plasma using a Pockels detector in magnetosphere plasma confinement device RT-1

虫明 敏生¹, 西浦 正樹¹, 吉田 善章¹, 矢野 喜久¹, 川面 洋平¹, 福山 淳² et al.
Toshiki Mushiake¹, Masaki Nishiura¹, Zensho Yoshida¹, Yoshihisa Yano¹, Yohei Kawazura¹,
Atsushi Fukuyama² et al.

東大院新領域¹, 京大院²
The Univ. of Tokyo¹, Kyoto Univ.²

磁気圏型プラズマ発生装置 RT-1 では地球や木星などの惑星のダイポール磁場構造を模擬することによって高効率なプラズマの生成に成功している。高温電子の温度は数十 keV 程度に達し、閉じ込め効率を表す局所 β_e 値は 1 を越えることが報告されている [1,2]。しかしながら、イオンベータは低いままであるため、効率の良いイオン閉じ込めを実証するためには、イオン加熱によりイオンベータを上げる必要がある。また、イオンベータが上がれば、イオンフローの発生によりプラズマの閉じ込めを改善することが可能であるという理論の検証にもなる。

そこでイオンベータを上げるためにイオン加熱手法の研究を開始した。磁気圏型装置に於いてイオン加熱は遅波による強磁場側からのビーチ加熱手法を利用する。効率良い加熱のために波動伝搬シミュレーション (TASK-WF) によりアンテナを設計し、プラズマ中の高周波波動電界の伝搬特性を非線形光学素子を利用した光電界センサシステムにより計測した。電界センサーに用いた非線形光学素子 (ZnTe や NiBO₃ など) は印加された電界強度に比例して屈折率が変化する「ポッケルス効果」を持つ結晶であり、EO(Electro-Optical) 素子とも呼ばれる。この屈折率変化で生じる光の位相変調により局所電界測定が可能となる [3]。

図 1 にアンテナから放射される高周波を電界センサーにより計測した結果と、シミュレーション結果の比較を示す。z=0.1 のコイル付近を除き、電界強度や形状は良く一致していることが分かった。この波動伝搬解析コードを用い、プラズマ中におけるイオン吸収電力を評価した。その結果を図 2 に示す。設計したアンテナは 3MHz の高周波を用いるとヘリウムのイオンサイクロトロン吸収層で吸収されることが分かった。実際に新たに設計・製作したアンテナを用いてプラズマを加熱すると、イオン温度が 5eV から 6eV への上昇の観測に成功した。しかしまだ十分な加熱効果が得られていないため、遅波加熱時のイオン温度の空間分布を調べ、イオン加熱位置について考察する。また、アンテナから真空容器周辺へ伝搬する光電界センサ (ポッケルスセンサ) による波動計測から高周波の吸収について評価する。

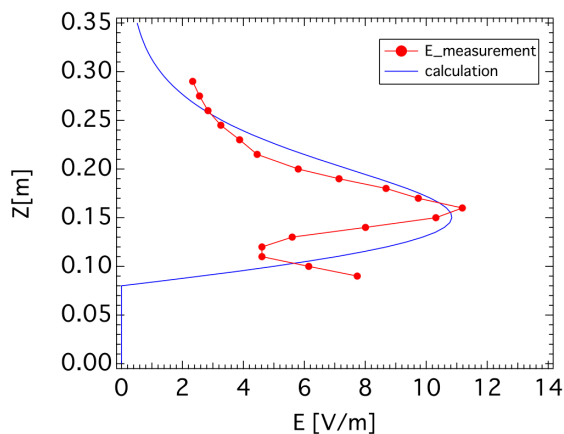


図 1 電界分布とシミュレーションとの比較

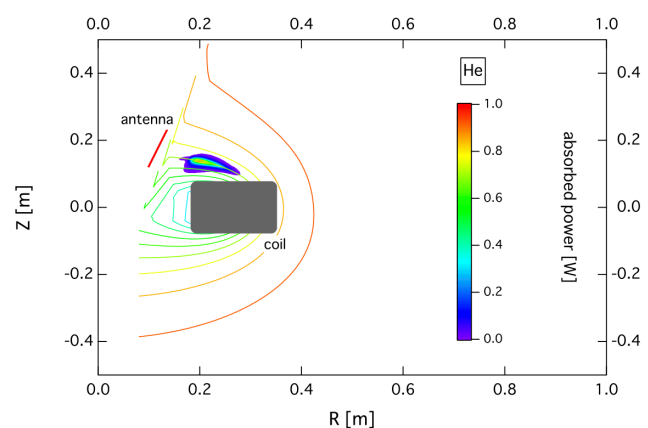


図 2 シミュレーションによるヘリウムの吸収分布

[1] M. Nishiura, et al., Nuclear Fusion 55, 053019 (2015).

[2] Z. Yoshida, et al., Plasma Phys. Contrl. Fusion 55, 01408 (2013).

[3] H. Togo, et al., Int. J. RF Microw. CAE 14, 290-297 (2004).