

壁に向かって弱くなる磁場中でのプラズマの電位分布に対する
重水素および三重水素イオンの効果

Effects of D and T Ions on Distribution of Electric Potential in Plasma with Magnetic Field Decreasing toward the Wall

深野あづさ¹, 阿部和広², 巽瞭子², 畑山明聖²

Azusa FUKANO¹, Kazuhiro ABE², Ryoko TATSUMI², Akiyoshi HATAYAMA²

都立産技高専¹, 慶大理工²

TMCIT¹, Keio Univ.²

ダイバータ領域において、プラズマはダイバータ板に向かって弱くなる磁場の下で、重水素 (D) イオンおよび三重水素 (T) イオンを含んでいる。磁場閉じ込めプラズマの研究において、磁化されたプラズマにおける壁近傍での電位分布について理解する事は、壁近傍でのプラズマの振る舞いを調べるために重要である。磁化されていないプラズマについては、プラズマ-シース方程式を用いて、電位分布が求められている[1]。さらに、この解析方法は、磁化されたプラズマにも応用されている[2]。しかし、D イオンおよびTイオンが壁近傍の電位分布に与える効果については、未だ理解されていない。本研究では、D イオンおよびTイオンの壁近傍の電位分布に対する効果について、解析的に調べる。ここで、壁に向かって弱くなる磁場を考慮する。プラズマ-シース方程式を用いて壁近傍の電位分布を求め、さらに密度分布も求める。

解析モデルとして、電子、Dイオン、Tイオンから成るプラズマを考える。磁場の大きさは壁に向かって減少し、磁場は壁に向かって垂直であると仮定し、 z 方向についての1次元モデルとして扱う。電位 $\phi(z)$ および磁場 $B(z)$ は $z=0$ について対称で、粒子は壁で吸収されるものと仮定する。基礎方程式として、イオンのエネルギーの式、磁気モーメントの式、運動方程式を用いる。運動方程式を粒子軌道について積分することにより分布関数が得られ、この分布関数を用いてエネルギーおよび磁気モーメントについて積分することによりイオン密度が得られる。電子密度は、マックスウェル-ボルツマン分布を用いる。これらDイオン密度、Tイオン密度、電子密度をポアソンの式に代入する事により、プラズマ-シース方程式が得られる。この方程式は微分積分方程式で解析的に解けないため、数

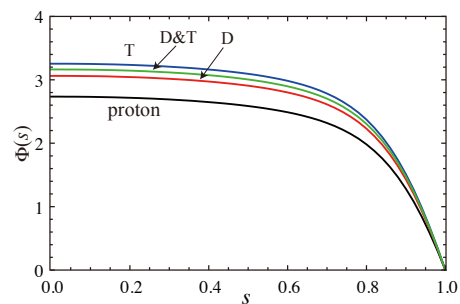


図1 電位分布

値的に電位分布を求める。Fig.1に規格化された電位分布を示す。ここで $s=1.0$ が壁の位置を表す。また比較のため、陽子のみ、Dイオンのみ、Tイオンのみの場合の電位分布も示した。質量の大きいイオンを含むプラズマほど、電位の減少が大きいことが示されている。また、Fig.2に規格化された粒子密度分布を示す。ここで β は、Dイオンに対するTイオンの生成率を表す。この図より、粒子密度、特にイオン密度分布は β の値に大きく依存し、プラズマ領域では準中性が保たれるように粒子が分布することが示されている。

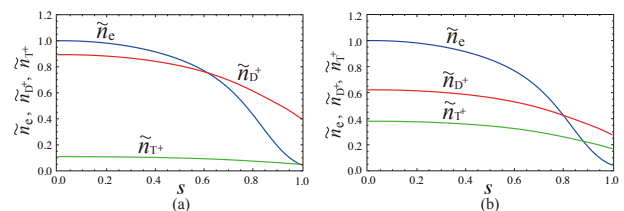


図2 電子, D⁺, T⁺の密度分布((a) $\beta = 0.1$, (b) $\beta = 0.5$)

[1] G. A. Emmert, R. M. Wieland, A. T. Mense, and J. N. Davidson, Phys. Fluids **23**, 803(1980).

[2] K. Sato, F. Miyawaki, and W. Fukui, Phys. Fluids **B1**, 725(1989).