

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2012年3月修了 修士論文要旨

磁気圏型プラズマにおける

水素中性粒子密度分布の実験的解析

学生証番号 47-106072 氏名 三上季範
(指導教員 吉田 善章 教授)

Key Words : thermo-nuclear fusion energy, magnetospheric confinement, neutral particle, spectroscopic measurement

高 β プラズマ閉じ込めを実現する上で、粒子・エネルギー収支を評価することは極めて重要なことである。なぜならば、プラズマ中の中性粒子は加熱されたイオン粒子の荷電交換反応によるエネルギー損失の原因になるからである。一方で、中性粒子はプラズマ密度上昇を促進させるための粒子源となるため、適切な中性粒子の供給は高 β プラズマの閉じ込めのために必須である。現在、RT-1では中性ガスが常時真空容器内に供給・排気されている。その状況下で、 β が高くなる時と低い時の中性粒子の密度分布を解明し、高 β プラズマ閉じ込めの機構を明らかにする。その際、コイル近傍から壁までの径方向分布の解明を行う。

中性粒子とプラズマ粒子はイオン化・再結合・荷電交換といった原子分子過程により粒子数およびエネルギーのやり取りを行う。一方で解離・励起反応により中性粒子の粒子数に変化をもたらす。以上のような主量子数 $n=3$ から 2 への遷移による放出光、 $H\alpha$ 線(656.28nm)の計測により密度分布や温度を計測することが中性粒子の挙動を実験的に調べる手法として広く知られている。よって本研究では、10本の光ファイバを使用した同時多点計測を行い、10本の視線積分量に対し円対称性に基づいたアーベル変換を行い発光強度と温度の径方向分布を作成した。また、同時にモンテカルロ法に基づき非弾性衝突の衝突判定を行う計算コード“DEGAS2”を用い、原子分子過程と輸送過程の両者を考慮に入れ密度・温度・発光強度分布を出力した[2]。

計測の際、容器内の反射などを独自に考慮して発光強度の線積分量を計測しアーベル変換を行うことで径方向分布を作成した。その際、発光強度は放出量と電子密度、水素原子密度の3つの量の積で表現されるので、電子密度の径方向分布の関数形である「 $y_0 + A \cdot r^{-\alpha}$ 」でフィッティングを行った。温度に関しても積分量に対しアーベル変換を行う際、発光強度と同様にべき関数を仮定しフィッティングを行った。温度に関しては最大値がコイル近傍で6eV程度であり、プラズマ領域中は2eV程度であった。

発光強度分布から密度分布を求めるためにDEGAS2コードの計算を行った。このときプラズマパラメータである電子密度分布に関しては干渉計のデータを用い、その他の温度などについては場合分けを行い計算した。温度に関しては、電子温度が10eVのとき水素原子温度は2.7eV程度、電子温度が10keVのとき水素原子温度が2.2eV程度であり径方向に対しほぼ同様であった。水素分子温度は0.05eV前後と室温の2倍程度の温度となった。水素分子密度に関しては、べき関数でフィッティングした結果供給地点であるコイル近傍から壁際まで径方向位置のべき乗に従い減少していく関数形となった。

サポートがある場合の8.2GHzクライストロンによるECHでは、ガス圧と入力パワーを変え β 値と水素分子密度分布の関係についてまとめた。 β が約10%のときと約0.1%の時の違いを比較した。 β が約10%のとき、“べき数 α ”が小さくなり1へと近づき、かつ定数項 y_0 が小さくなる。つまり密度勾配がより平坦であり、密度分布の絶対値が小さい時 β が約10%になるということが分かった。

参考文献

[1] H.Saitoh et al, "High- β plasma formation and observation of peaked density profile in RT-1", Nucl Fusion **51**, No6, 063034 (2011)

[2] D.P.Stotler et al, "Neutral Gas Transport Modeling with DEGAS2", Contrib. Plasma Phys, 34, 392(1994)