

高密度磁化プラズマ中のイオンエネルギー分布の計測器開発と イオン温度の測定

Development of measuring instrument for ion energy distribution in high density magnetized plasma and measurement of ion temperature

落合亮輔, 岡本敦, 藤田隆明, 有本英樹, 佐藤克哉, 鉢窪宏規, 杉本みなみ
Ryosuke OCHIAI, Atsushi OKAMOTO, Takaaki FUJITA, Hideki ARIMOTO, Katuya SATOU,
Hiroki HACHIKUBO, Minami SUGIMOTO

名大院工
Nagoya Univ.

磁場閉じ込め核融合炉でDT反応において生成されるアルファ粒子は、バルクプラズマに比べエネルギーが大きいこと、バルクプラズマとは別に輸送特性を調査する必要がある。核融合炉より小さな実験装置において実際にアルファ粒子を用いて軌道を評価するのは困難なため、アルファ粒子を高エネルギーイオンで模擬した実験が行われてきた。高エネルギーイオンの生成法は、大型装置でのみ適用可能であり、より小型の装置に用いられる新たな生成法が求められている。このような背景から、我々のグループでは制御性・計測容易性に優れた直線型プラズマ実験装置 NUMBER[1]を用いて新たな生成法の開発を行っている。

高エネルギーイオンを検出するために、背景プラズマのみの場合とのイオンエネルギー分布の比較を行う。そこで、これまでにイオンエネルギー分布の測定のための計測器を開発し、バルクプラズマのイオンエネルギーの測定を行ってきた。本研究ではより高密度のプラズマにおいて、より高精度に計測が行えるよう、計測器および計測法を改良した。また、プラズマのパラメータを変化させてそれぞれの条件において計測を行った。

計測器はイオンを捕集するコレクタ電極の前面に三枚のメッシュグリッドを配置し、1枚目を浮遊電位に保ち、計測器内部の電場によるプラズマの擾乱を最小限に抑え、2枚目を大きく負にバイアスして電子を追い返し、3枚目に掃引電圧を印加することでイオンをエネルギーによって分別し、各グリッドを通過してきたイオンをコレクタで捕集する。こうして得られたイオン電流と掃引電圧の特性からイオンエネルギーを分析する。また、同じ条件においてラングミュアプローブを用いて電子温度及び電子密度を計測した。

これまでの計測において、電子密度が 10^{17} m^{-3} 程度以上の条件において、イオン電流が飽和すると予想される掃引電圧になった際にコレクタ電流が急激に小さくなるという現象が見られ、電流電圧特性が正しく得られなかった。これはコレクタ及び各グリッドから放出された二次電子によりコレクタに流れ込む正味の電流が小さくなったものと考えられる。そこで、二

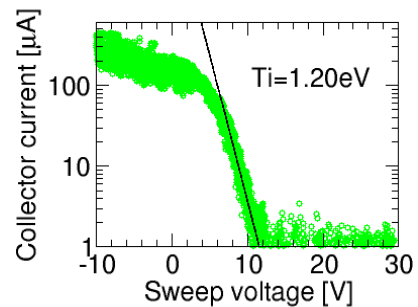


図 1 コレクタ電流の平均値より得られる電流電圧特性

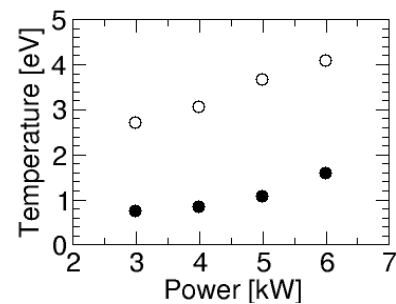


図 2 各マイクロ波入射パワーでのイオン及び電子温度 (白丸は電子温度、黒丸はイオン温度を表す)

次電子の影響を排除するため、コレクタ電極に対して負のバイアスを与えることで 10^{17} m^{-3} を超える高密度プラズマにおいても正常な電流電圧特性の取得に成功した。

図1に、同一条件で10回の計測を行い平均して得たコレクタ電流の値の掃引電圧依存性を示す。イオン温度1.2 eVのマックスウェル分布とみなせるエネルギー分布が得られた。このとき、電子温度は4.3 eV、電子密度は $4.1 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ であった。

次に、マイクロ波入射パワーを変化させてそれぞれでイオン温度及び電子温度を計測した結果を図 2 に示す。マイクロ波入射パワーの増加とともに電子温度が増加し、イオン温度も増加している。また、このとき電子密度も同様に増加していることが確認されている。今後は、ガス圧等の様々な実験条件を変化させた場合のイオン温度の変化について考察する。

[1]D. Hamada, *et al.*, Plasma Fusion Res. **13**, 3401044 (2018).