

高分散高時間分解分光器を用いたイオン温度揺動計測

岡本敦¹、吉村信次²、寺坂健一郎³、田中雅慶³、木股空良¹、藤田隆明¹

¹ 名古屋大、² 核融合研、³ 九州大

電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ実験装置で高温バブルが観測された [1,2]。直線型装置 HYPER-I において、バブルは磁力線方向に細長い構造を有し、10 μ s 程度の持続時間で時空間的にランダムに出現する。バブル内部は、周辺 ($T_e \sim 10$ eV) に比べて高い ($T_e \sim 30$ eV) 電子温度で、中性粒子枯渇を伴うことが明らかになっている。中性粒子とプラズマがカップルした動的構造でありイオン温度の計測が望まれていた。本研究では、高時間分解イオン温度計測法を開発し高温バブルの観測を行った。

ドップラー拡がりを用いたイオン温度計測には電荷結合素子 (CCD) が広く利用されているが、時間分解能が不足していた。光電子増倍管 (PMT) は高時間分解計測に適切であるが、スペクトル形状測定のために複数チャンネルを結像面で波長方向に並べる必要があり、比較的低イオン温度の計測には工夫が必要であった。本研究では二つのスリットで得られる光強度比からドップラー拡がりの計測を試みた。計測対象はヘリウムプラズマ中の He II ($n=3-4$, 468.6 nm) とし、 $T_i < 10$ eV 程度を想定して分光器の設計製作を行った。分光器に入射した光は、焦点距離 $f = 850$ mm のレンズと刻線数 2400 lines/mm の回折格子により波長分散された後、ミラーで光路を分岐され、狭いスリット (Port A, スリット幅 50 μ m) と広いスリット (Port B, 1 mm) で光電子増倍管により検出される。低圧 (80 Pa) ホローカソード放電のヘリウムプラズマ [3] と CCD 検出器を用いて分光器の性能を評価した。He II, 468.6 nm と He I, 471.3 nm のスペクトルを取得し、波長分解能 (FWHM) 0.017 nm, 逆線分散 0.43 nm/mm を得た。

続いて、HYPER-I においてヘリウムプラズマの分光実験を行った。沿磁力線に観測視線を設定し、視線上の浮遊電位 (高温バブル発生に伴い負のスパイクが観測される) を同時計測した。浮遊電位が平均 μ から $\pm 2\sigma$ (σ : 標準偏差) 以内の場合と、大きな負のスパイクにより $\mu - 3\sigma$ を下回る場合に区分し、Port A (スリット狭) の計数率の Port B (スリット広) の計数率に対する比を求めた。その結果、浮遊電位の平均まわりでは光強度の計数率の比が 0.252 ± 0.010 であったのに対し、大きな負のスパイク時には 0.36 ± 0.02 であることが明らかとなった。比の上昇はスペクトル幅が狭まることに対応し、(電子温度の) 高温バブル発生時にイオン温度が低下している可能性を示唆している。

本研究は核融合科学研究所一般共同研究 (NIFS18KBAP044, NIFS16KBAP029) の支援のもと行われた。

[1] K. Terasaka, *et al.*, Phys. Plasmas **25**, 052113 (2018).

[2] S. Yoshimura, *et al.*, Plasma Fusion Res. **10**, 3401028 (2015).

[3] A. Okamoto, *et al.*, Plasma Fusion Res. **2**, 029 (2007).