

GAMMA 10/PDX における非接触プラズマ形成へのガス供給および粒子排気の影響

野尻訓平, 坂本瑞樹, 江角直道, 寺門明紘, 飯島貴朗, 東郷訓, 横土敬幸,
木下洋輔, 三上智弘, 吉本翼, 山下双太郎, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔

筑波大学プラズマ研究センター

ダイバータ板への熱負荷軽減を目的とした非接触プラズマ中では中性粒子密度が高いため中性粒子と荷電粒子間の相互作用が強く、非接触プラズマの形成には電子とイオンの状態だけでなく中性原子・分子の状態も極めて重要である。タンデムミラー装置 GAMMA 10/PDX では西エンド領域にダイバータ模擬実験モジュール(D-module)を設置し、非接触プラズマ形成に関する研究が行われている。これまで、ダイバータ模擬プラズマに対し水素ガスを追加供給することにより、分子活性化再結合(MAR)による非接触プラズマ形成が確認されている[1]。そこで本研究では、MAR に起因する非接触プラズマ形成への中性原子・分子状態や電子温度、イオン温度の影響を明らかにすることを目的として、これらのパラメータをダイバータ模擬プラズマへのガス供給に加えて粒子排気を用いて変化させる実験を行った。

D-module は入口孔の空いたステンレス製の直方体の箱であり、内部には V 字型ターゲット板が設置されている。GAMMA 10/PDX のセントラル部で生成・維持され端損失したプラズマが V 字型ターゲット板へと到達する。上側ターゲット板には静電プローブが設置されている。D-module の入口付近からはダイバータ模擬プラズマに対して水素ガスを供給することができる。ガスの量は真空容器の外に設置されたリザーバタンク内のガス圧(プレナム圧)を変化させることにより調節する。D-module 背面には排気口とこれを覆う扉(排気扉)が設置されており、この扉を開くことにより中性粒子が外へと排気される。

排気扉を閉じた状態と全開にした状態それぞれでダイバータ模擬プラズマに対し水素ガスを追加供給した。扉を閉じた場合のプレナム圧は 750 mbar、扉を開けた場合は 1200 mbar で水素ガスを供給した。どちらの場合も、V 字型ターゲット板のコーナー付近の静電プローブで計測した電子温度(T_e)は ~ 20 eV から時間と共に ~ 2 eV まで低下した。この T_e の低下に対するイオン飽和電流(I_{is})と電子密度(n_e)の変化を図

1 に示す。扉を閉じた状態では T_e の低下と共に I_{is} と n_e が増加した後、減少に転じた。再結合によって n_e が減少したと考えられる電子温度領域が 1 eV よりも高いことと、分光計測によって取得した H_α 線発光強度の H_β 線強度に対する比が増加したことから、MAR によってプラズマが非接触化したと言える。扉を開けた状態では、 I_{is} と n_e の変化はそれぞれ T_e が ~ 8 eV まで低下する過程と ~ 5 eV まで低下する過程においては扉を閉じた状態と同様だった。一方で、さらに T_e が低下すると、 I_{is} と n_e の減少量は扉を閉じた状態よりも小さかった。この結果から、中性粒子排気とガス供給の組み合わせにより、同じ電子温度でも MAR が抑制されることが示された。

本講演では、排気扉を閉めた状態と開けた状態での I_{is} 、 n_e 変化の違いについて、中性原子・分子状態の観点から議論する。

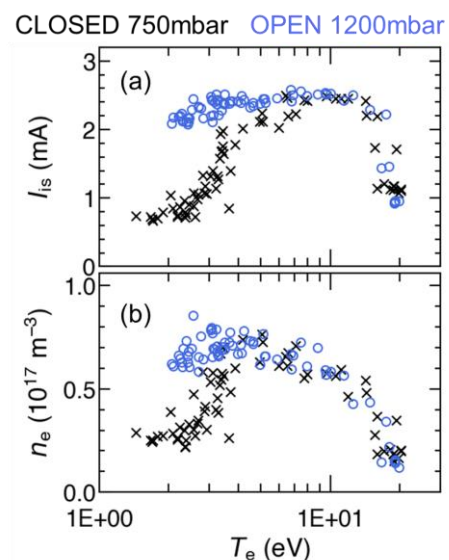


図 1. ターゲット板コーナー付近の(a)イオン飽和電流と(b)電子密度の電子温度依存性。×: 排気扉を閉じた状態、○: 排気扉全開の状態。

[1] M. Sakamoto et al., Nucl. Mater. Energy 12 (2017) 1004.