

# GAMMA 10/PDXにおける高温タングステンターゲットを用いた水素リサイクリングに関する研究

寺門 明紘<sup>1</sup>、坂本 瑞樹<sup>1</sup>、江角 直道<sup>1</sup>、野尻 訓平<sup>1</sup>、三上 智弘<sup>1</sup>、東郷 訓<sup>1</sup>、  
飯島 貴朗<sup>1</sup>、横土 敬幸<sup>1</sup>、澤田 圭司<sup>2</sup>、門 信一郎<sup>3</sup>、中嶋 洋輔<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学プラズマ研究センター、<sup>2</sup>信州大学工学部、<sup>3</sup>京都大学エネルギー理工学研究所

水素リサイクリングは安定したプラズマ運転や閉じ込めの改善のための重要な課題の1つである。TRIAM-1MやJT-60Uでの長期間放電において、密度制御を困難にさせる壁飽和が観測されている[1, 2]。壁飽和はプラズマ対向壁の温度上昇により水素が放出されることが原因と考えられている。壁の温度上昇による水素リサイクリングの振る舞いの変化を明らかにすることが重要である。そこで、GAMMA 10/PDXではバックグラウンドの中性ガス圧力が低いという特長を活かし、西エンド領域に設置されたダイバータ模擬実験装置のV字タングステンターゲットの表面温度を制御することで水素リサイクリングに関する研究が行われている[3]。

これまでの研究で、ターゲット表面温度の増加によりターゲット前面のH $\alpha$ 線強度と電子密度が増加し、ターゲット温度の増加による水素リサイクリングの促進が確認された[3]。本研究では、この水素リサイクリング促進のメカニズムを明らかにするために、ターゲット前面の水素分子 Fulcher- $\alpha$  バンドスペクトルの測定と水素分子(X<sup>1</sup> $\Sigma_g^+$ )の振動温度( $T_{vib}$ )と回転温度( $T_{rot}$ )の評価を行った。

本研究では、V字ターゲットの表面温度を室温(~300 K)から 573 K まで制御し、GAMMA 10/PDX の端損失プラズマの照射実験を行った。ターゲット温度を室温から 573 K まで上昇させると H $\alpha$  線強度と H $\beta$  線強度が2倍程度増加し、電子密度は20%程度増加した。一方、ターゲット温度の変化に対して電子温度はほぼ一定(~30 eV)であることから、ターゲット温度が増加しても電子衝突励起や電離の反応速度係数はほとんど変化していないと考えられ、バルマー線強度の増加の原因は、電子衝突による励起ではないことが示唆される。

図1(a)はターゲット温度が573 Kのときの Fulcher- $\alpha$  バンドスペクトルである。Q branch ( $d^3\Pi_u^- \rightarrow a^3\Sigma_g^+$ )遷移と X<sup>1</sup> $\Sigma_g^+ \rightarrow d^3\Pi_u^-$  遷移にコロナモデル[4]を適用し、Q branch ( $d^3\Pi_u^- \rightarrow a^3\Sigma_g^+$ )の内12本の輝線強度のフィッティングから振動温度( $T_{vib}$ )と回転温度( $T_{rot}$ )の評価を行った。図1(b)に示すフィッティングの結果から  $T_{vib}$ ~3400 K、 $T_{rot}$ ~460 K と評価された。また、ターゲット温度が室温から 573 K まで変化しても  $T_{vib}$  はほとんど変わらなかった。これは振動励起準位がほとんど変化していないことを示している。

ターゲット温度より  $T_{vib}$  が高いのはタングステン表面での Hot-atom recombination による、振動励起分子の生成に起因すると考えられる[5]。振動励起分子の解離の速度係数は大きく、解離して励起原子が生じる。ターゲット温度の増加とともにバルマー線強度が増加したのは脱離する振動励起分子の密度が増加したためだと考えられる。また励起原子は基底準位の原子よりも電離の速度係数が大きいと、電子密度が増加したと考えられる。ターゲット温度上昇にともなう水素リサイクリングの促進は、タングステン表面から脱離する振動励起分子の増加に起因していることが明らかになった。

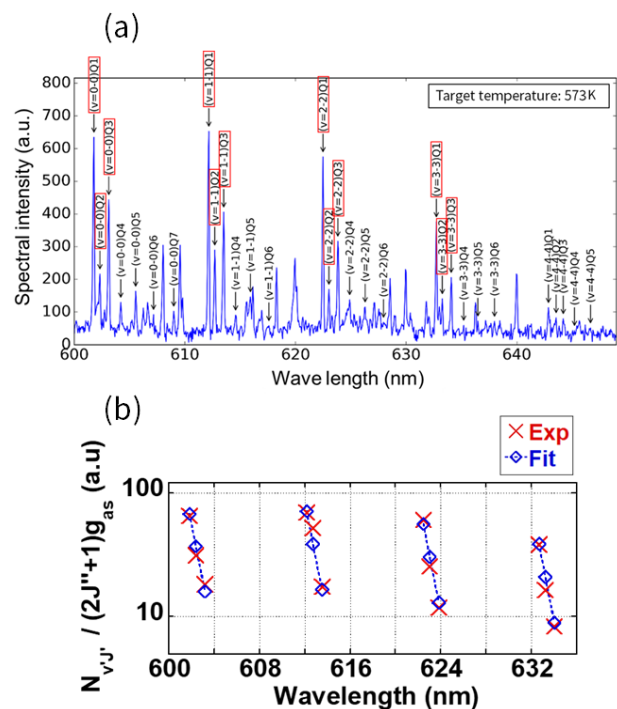


図1. (a) ターゲット温度が573 K程度のときのFulcher- $\alpha$  バンドスペクトル, (b) コロナモデル[4]によるフィッティング( $T_{vib}$  ~ 3400 K,  $T_{rot}$  ~ 460 K)

- [1] M. Sakamoto, et al., Nucl. Fusion **44**, 693 (2004).
- [2] H. Takenaga, et al., Nucl. Fusion **46** 3 (2006).
- [3] M. Sakamoto, et al., AIP Conf. Proc. **1771** 060001 (2016).
- [4] B. Xiao, et al., Plasma Phys. Control. Fusion **46** 653-668, (2004).
- [5] S. Markelj, et al., Journal of Chemical Physics **134** 12 (2011).