

門信一郎, 梶田信¹⁾, 山崎大輔¹⁾, 飯田洋平¹⁾, 岡本敦, 肖炳甲²⁾, 四竈泰一¹⁾, 大石鉄太郎¹⁾, 田中知¹⁾

東大高温プラズマセ, 東大院工^A, 中国科学院

S. Kado, S. Kajita¹⁾, D. Yamasaki¹⁾, Y. Iida¹⁾, A. Okamoto, B. Xiao²⁾, T. Shikama¹⁾, T. Oishi¹⁾, S. Tanaka¹⁾

High Temperature Plasma Center, The University of Tokyo

Graduate School of Engineering, The University of Tokyo¹⁾

Chinese Academy of Science²⁾

著者らは直線型ダイバータ模擬装置 MAP-II ($B = 0.02$ T, $r = 5$ cm, $n_e \sim 10^{12}$ cm³, $T_e \leq 15$ eV, $T_i \sim 0.5$ eV)において低温の体積再結合プラズマを生成し, その診断法の開発を行っている。再結合プラズマは非接触(デタッチ)ダイバータにおける熱流低減の重要な素過程であり, 従来の放射・三体再結合(Electron-Ion Recombination: EIR)に加え, より電子温度が高い領域(≤ 3 eV)で達成可能な, 水素ガスの導入による分子活性化再結合(Molecular Assisted Recombination: MAR)が注目されている。

ヘリウムの放射・三体再結合が支配的な条件では, 自由電子と部分的局所熱平衡にあるリドベルグ準位からの発光が観測されるので, 原子ボルツマンプロット法により電子温度が求められる。著者らはさらにヘリウムの衝突輻射モデルを適用して低励起準位の強度比まで考慮し, 電子温度と電子密度双方を推定可能であることを示した。

一方, 追加するガスをヘリウムから水素に置換するとリドベルグ準位からの発光が消滅し, MAR が支配的なプラズマに遷移する(Fig. 1)。この条件においては, 水素分子の解離度および振動励起分布の計測値を負イオンの生成損失モデルに適用して負イオン密度を計算し, 負イオン計測値と比較している。

負イオン計測については, プローブ表面のアブレーションを回避するために「影」を導入する「エクリプスレーザー光脱離法」を開発し, さらに再結合プラズマにみられる電子電流の異常性[1]を回避するため, ダブルプローブ法による電子温度計測を組み合わせることで定量的な議論を可能とした。振動励起水素については可視域の Fulcher 帯($d^3\Pi_u - a^3\Sigma_g^+$)の振動・回転構造から電子基底準位の振動温度を, バルマー系列との強度比から解離度を推定する。これらの計測結果を基に MAP-II の水素分子活性化再結合プラズマにおける負イオン密度分布計測値とレート方程式による負イオン密度計算結果を比較したところ, MAP-II の密度領域($\sim 10^{12}$ cm³)においては, 負イオンはプラズマ流の中心部で生成され, それが壊されずに周辺部まで運ばれ, 本来負イオン生成量が少ない周辺部の負イオン密度が上昇していることを示唆する結果を得た[2]。

[1] N. Ohno et al. Contrib. Plasma Phys. 41(2001) 5, 473. [2] S. Kado et al. to be published in J. Nucl. Mater.

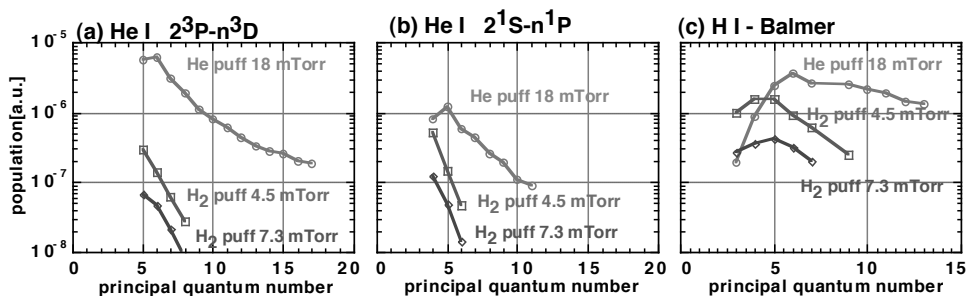


Fig. 1 ヘリウム放電(3.4 mTorr)へのガスパフ時のヘリウム3重項(a), 1重項(b), および水素(c)の占有密度。全圧[18 mTorr] はHe-EIR プラズマ, [4.5 mTorr] はHe-EIR と同程度のイオン束減少が見られる H₂-MAR プラズマ。[7.3 mTorr] はさらに水素を追加した場合。計測用途にソースガスに微量の水素を含有させている。