

MAP-II 装置における非接触ダイバータプラズマ中の  
水素負イオンの役割に関する研究  
梶田信，門信一郎，田中知，MAP-II グループ（東京大学）

ITER においてはダイバータ板への熱負荷軽減のために，ダイバータ板直前でプラズマをガス化させる非接触ダイバータが運転モードとして考えられている．非接触プラズマの生成機構としては再結合過程が重要な役割を果たしていると考えられており，電子温度が 1 eV より十分低い場合には三体再結合や放射再結合が支配的な過程となる．これらは，分光的手法により高励起準位からのスペクトルや連続スペクトルとして観測される．一方，電子温度が数 eV の時には上記の過程は起こりにくく，分子活性化再結合過程（molecular activated/assisted recombination: MAR）が支配的になると考えられている．分子活性化再結合過程には負イオンを介す再結合過程： $H_2(v)+e^- \rightarrow (H_2^-)^* \rightarrow H+H$ ， $H+H^+ \rightarrow 2H$ ，と分子イオンを介す再結合過程： $H_2(v)+H^+ \rightarrow H_2^++H$ ， $H_2^++e^- \rightarrow 2H$ ，が存在するが，これらの過程は分光計測によって直接的に観測することは難しく，再結合の介在となる  $H$  や  $H_2^+$  の密度が MAR の程度を示す重要なパラメータとなる．そこで本研究ではダイバータ領域を模擬した MAP-II 装置においてレーザー光脱離法による負イオン密度計測とともに，水素分子振動励起状態を示す指標として水素分子の Fulcher- $\alpha$  帯 ( $d^3\Pi_u \rightarrow a^3\Sigma_g$ ; 600 nm - 635 nm) の分光計測を行ない分子活性化再結合の原子分子過程のより詳細な理解を目指してきた．Fulcher- $\alpha$  帯のスペクトルからは電子基底状態における振動準位 0-3 に関する情報が得られるが，そこから振動温度  $T_{vib}$  を求め，基底状態の振動励起分布を評価する．

ここでは接触プラズマでの計測・解析結果を報告する [1]．実験は He プラズマを生成し，生成部から約 1.5 m 程下流部に設置された計測チャンバーに水素ガスを導入し計測を行なった．負イオンは電子温度が低いプラズマ周辺部に主に存在するホローな分布を示しており，周辺部における負イオン密度は水素ガス圧力と共に一旦増加してゆくものの，水素分圧が 10 mTorr 以上では圧力上昇に従い減少していった．Fulcher- $\alpha$  から求められた振動温度は，ガス導入量が少ない時には 6000 - 7000 K 程度であったのに対し，水素分圧が 10 mTorr 以上では 3500 - 4000 K まで減少していた．負イオンの生成，消滅，輸送を考慮に入れたレート方程式から計算される負イオン密度を実験結果と比較することにより，負イオン密度の上昇は水素分子密度の上昇によるものであり，負イオン密度の減少は振動温度の減少によって説明できることが分かった．

負イオン密度は電子密度に比べ極めて微量（数%程度）であり，かつ非接触プラズマにおける負イオン密度計測においては，以下のような問題が生じる．

レーザー照射に伴う静電プローブ表面のアブレーションにより，負イオン密度を過大評価することになる．[2]

負イオン密度の評価には電子温度が必要になるが，非接触プラズマでは静電プローブから求められる電子温度が実際よりも高く評価され [3]，負イオン密度の過少評価につながる．

上記 に対しては，静電プローブに直接レーザーを照射せず負イオン密度を計測する手法の開発を行なった． に対しては，今後の課題となっている．

[1] S. Kajita, S. Kado, N. Uchida, T. Shikama, and S. Tanaka, J. Nucl. Mater. **313-316**(2003)748.

[2] S. Kajita, S. Kado, T. Shikama, B. Xiao and S. Tanaka, Contrib. Plasma Phys.(2004) in press.

[3] N. Ezumi et al., Contrib. Plasma Phys. **38** (1998) S, 31.