高周波プラズマ源を用いた高エネルギーイオン衝突存在時の体積再結合過程調査

高橋宏幸[1]、岡本敦[2]、北島純男[1]

[1] 東北大院工、[2] 名大院工

http://tsubaki.qse.tohoku.ac.jp

磁場閉じ込め型の核融合炉ではプラズマが固体壁に終端する領域 (ダイバータ領域) への熱負荷制御が重要な課題である。熱負荷制御の手法としてはダイバータ板をプラズマから隔離する非接触ダイバータの形成が有効であり、ダイバータ非接触化の過程ではプラズマの体積再結合過程が重要な役割を果たすことが知られている。一方、核燃焼プラズマを維持するためには閉じ込め改善モード (H モード) のような高い閉じ込め性能が必要である。この H モード運転時では閉じ込め領域から高いエネルギーを持ったプラズマ粒子が間欠的に放出される。ITER では非接触ダイバータと H モードの同時運転が想定されていることから、体積再結合が強く進展する非接触プラズマと高エネルギープラズマ粒子が共存する場となる。従って、安定した非接触ダイバータ形成の観点から高エネルギープラズマ粒子が体積再結合過程の反応率に与える影響を調査することが課題の１つに挙げられる。

東北大学の DT-ALPHA 装置では無電極放電装置である特徴を活かし、上記課題の実験的調査のためヘリウム体積再結合プラズマに対する高エネルギーヘリウムイオンビーム重畳実験が行われている。DT-ALPHA 装置は全長 2 m 程度の直線型の装置であり内径がそれぞれ 36 mm と 63 mm の石英管とステンレスチャンバーで構成される。石英管に巻かれたアンテナから周波数 $f = 13.56$ MHz の高周波を印加することでプラズマを生成する。装置外部には 10 個のコイルが設置されており、最大で $B = 0.2$ T の磁場印加が可能である。生成されたプラズマは装置両端に設置されているエンドプレートで終端する。体積再結合過程の反応率は低電子温度・高電子密度な領域で大きくなる。そこで、装置下流からヘリウム二次ガスを供給することでヘリウム体積再結合プラズマの生成を行っている。また、装置上流端にはイオンビーム源が接続されており、生成されたイオンビームは上流エンドプレートの開口部 ($\phi = 10$ mm) を通過し DT-ALPHA 装置内部へ到達することが可能である。

DT-ALPHA 装置内部に生成したヘリウム体積再結合プラズマに対して高エネルギー ($E = 13$ keV) ヘリウムイオンビームを重畳し、分光法によりプラズマの応答を調査した。ビーム存在時には体積再結合に由来する高励起原子からの発光が減少する結果が得られた。また、発光強度の減少割合は入射するイオンビーム束に比例する傾向を示した。観測される発光は上準位の占有密度に比例する。従って、イオン衝突によって高励起状態ヘリウム原子の占有密度の変化が引き起こされたことが示唆される。本講演では、上記の発光強度の減少に関してイオン衝突の観点から考察を行った結果を報告する。