

ダイバータプラズマ模擬のための直線型高周波プラズマ源の開発

高橋宏幸

東北大学大学院工学研究科

ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)などの次世代核融合炉では、ダイバータ領域で体積再結合過程を促進し非接触ダイバータを形成・維持することが重要である。しかしながら、プラズマの閉じ込め改善に伴い生じる ELM(Edge Localized Mode)がもたらす高エネルギー電子・イオンによる再結合プラズマの再電離が懸念されるため、再結合プラズマと高エネルギー粒子との相互作用を調べるのが重要となる。高エネルギー電子と再結合プラズマの相互作用については研究が行われ報告されているが、高エネルギーイオンが再結合プラズマに与える影響については未報告となっている。高エネルギーイオンと再結合プラズマの相互作用を調べるためにはプラズマ生成部をイオンビームが通過可能であることが求められるが、プラズマ生成として高周波放電を採用する装置はこのような要求を満たしている。従って、高周波プラズマ源で再結合プラズマを生成することができれば高エネルギーイオンに対する再結合プラズマの挙動を調査することが可能となる。以上の背景を踏まえ、我々は再結合プラズマ生成を目指した高周波プラズマ源 DT-ALPHA の開発を行っている。

DT-ALPHA は全長約 2 m の直線型のプラズマ源で計測用のステンレス製チャンバーと石英管から構成されている。プラズマ生成として高周波放電を採用しており、13.56 MHz の高周波を最大 3 kW で印加することができる。本体周辺には 10 個の磁場コイルが設置されており最大で約 0.2 T の磁場を印加することが可能である。石英管内部で生成されたプラズマはテスト領域となる計測チャンバーへ拡散する。再結合プラズマを生成するためには中性ガスとの相互作用により電子温度を低下させる必要がある。そこで、装置下流のテスト領域に 2 次ガス導入を行うためのガスパフ装置を設置した。しかし、テスト領域に供給した 2 次ガスが装置上流部まで拡散し、生成されるプラズマが変化してしまうという問題が生じた。そのため、装置内部にオリフィスを設置し 2 次ガスの逆流を抑制しているほか差動排気を行うことによる対策を行った。このようにして装置内部に高ガス圧力領域を生成し、ガス圧力に対するプラズマの電子温度・電子密度の依存性を計測した。実験ではヘリウムプラズマ中にヘリウムガスパフを行った。結果を図 1 に示す。電子温度はガス圧力の増加と共に減少し 12 eV から 2 eV 以下まで低下している。電子温度は $p < 3$ Pa の領域では増加し、 $p > 3$ Pa では減少に転じている。この電子密度の減少については再結合周波数と電離周波数の比較から拡散が主たる要因であると考えられる。本研究会では高ガス圧力領域生成の詳細、ガスパフによるプラズマパラメータの変化の詳細および DT-ALPHA における再結合プラズマ生成にむけての検討について述べる。

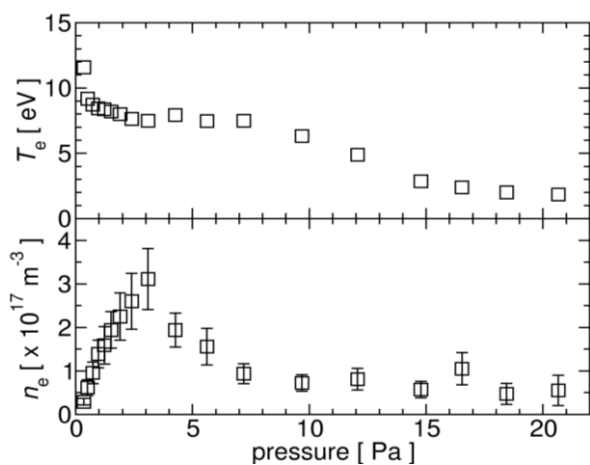


図 1 電子温度および電子密度のガス圧力依存性