

非接触プラズマ形成の物理過程 Physical Process of Plasma Detachment

石黒静児^{1,2}、T. Pianpanit²、長谷川裕記^{1,2}
S. Ishiguro^{1,2}、T. Pianpanit²、H. Hasegawa^{1,2}

核融合科学研究所、総研大
NIFS, SOKENDAI

制御核融合の実現を目指したプラズマ磁場閉じ込め実験装置において、ダイバータ板にあたる熱流の低減が重要課題となっている。その方策の一つとして、中性ガスを局所的に導入し、輻射冷却、電離、荷電交換衝突、再結合などの原子過程を引き起こし、プラズマと対向壁の間に緩衝領域を形成する「非接触プラズマ」が提唱され、その生成がHsu et al.(1982) によって最初に観測された。

講演者らは、この物理機構解明のため、粒子のプラズマシミュレーション手法であるParticle-in-Cell法にプラズマと壁との相互作用、荷電粒子と中性粒子との相互作用による電離過程、さらにクーロン衝突過程を取り入れたスカラー並列型スーパーコンピュータ向けのシミュレーションコードを開発した。

図1に示すように、系の境界に粒子吸収壁を置き、その近傍に中性ガス領域を配置する。プラズマは系の右側の領域に注入し、壁近傍へと流れていく。中性ガス領域では、電離過程、荷電交換衝突、弾性衝突をそれぞれの過程の衝突断面積に基づいて取り扱う。水素プラズマ及び水素原子の中性ガスを想定し、注入するプラズマの温度は10eVとしている。中性ガスの圧力を変えて、シミュレーションを行ったところ、10mTorrとした際にプラズマが非接触となった。ただし、本シミュレーションでは現実より短い0.2mのシステム長としたため、クーロン衝突周波数は現実のパラメータの100倍と取っている。図2は電子温度の空間分布であり、中性ガスのある領域で急激に温度が低下していることがわかる。図3は電位分布で、中性ガス領域に電位の丘ができており、中性ガス領域とプラズマ源の間の電位が低くなり、プラズマ源から吸収壁に向かっての電位分布が単調減少ではないことがわかる。時間発展の解析から、中性ガスとプラズマイオンの電荷交換及び弾性衝突によりイオン温度低下が起こり、それに

引き続いて、イオンと電子のクーロン衝突による電子温度低下がおこり、その結果として非接触プラズマが生成されることがわかった。この過程はEzumi et al. (1996), Ohn et al. (1996) の結果と一致する。

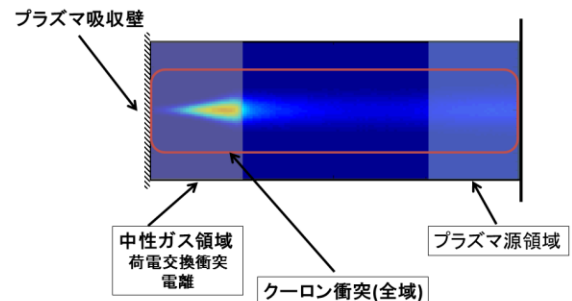


図1 シミュレーションモデル。

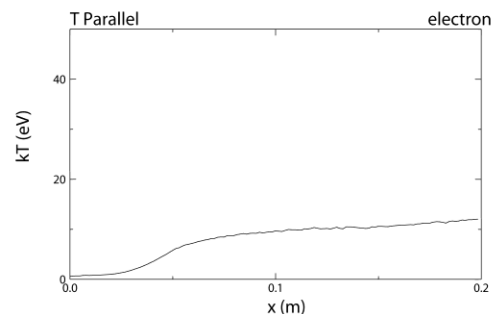


図2 電子温度の空間分布

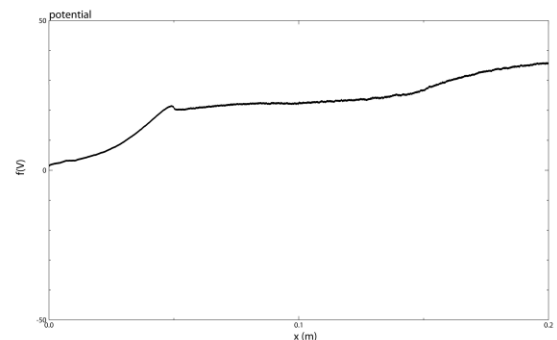


図3 電位分布