

# 過渡状態のダイバータプラズマに対する原子・分子過程シミュレーション

柴田崇統、石田真彦、畑山明聖

慶應義塾大学大学院 理工学研究科

H-mode の核融合運転時には ELM (Edge Localized Mode) 不安定性により、ダイバータ壁に向けて過渡的な熱流束、粒子束が発生する。高エネルギープラズマ粒子の入射により、ダイバータ近傍ではプラズマが非平衡状態となり、電子、イオンのエネルギー分布関数(EDF)が Maxwell 分布から逸脱する。プラズマ粒子と中性粒子間の非弾性衝突を介した反応の速度係数がプラズマ粒子のエネルギー分布に依存することから、このような過渡状態では定常状態と比べ、ダイバータ近傍で支配的に生起する反応が変化すると考えられる。

本研究では、ELM のような非平衡状態において、プラズマと励起水素原子が相互に与える影響を調べる為、(1)ダイバータ近傍に形成される sheath potential が EDF に及ぼす変化、(2)リサイクリング効果により生起される励起水素原子密度の時間変化に注目したシミュレーションモデルを提案する。

提案するモデルは大きく、PIC (Particle-In-Cell) モデルを用いたプラズマ粒子の運動計算部分、及び CR (Collisional Radiative) モデルに基づいたレート計算部分の2つから構成される。PIC モデルから得られる電子のエネルギー分布関数 (EEDF) は CR モデルにおいて電子-励起水素原子間衝突のレート計算に代入され、レート方程式の解から各励起水素原子密度が求められる。

上記(1)については、これまで 1D3V モデルによる数値計算結果から、sheath による寄与が EEDF における低エネルギー成分の増加を促進する結果が見られる。これは sheath により、低エネルギー電子がダイバータへと入射せず、系内に閉じ込められる為である。また上記(2)については、ELM 時に水素原子密度が急増し、特に励起状態の割合が基底状態に比べて高くなる。これは EEDF の低エネルギー成分の成長に起因している。本研究から、ELM 時においてダイバータプラズマと中性粒子が共に非平衡状態になり、それらの影響の結果として見られる過程に対し、知見を得る為の数値モデリングが提案される。

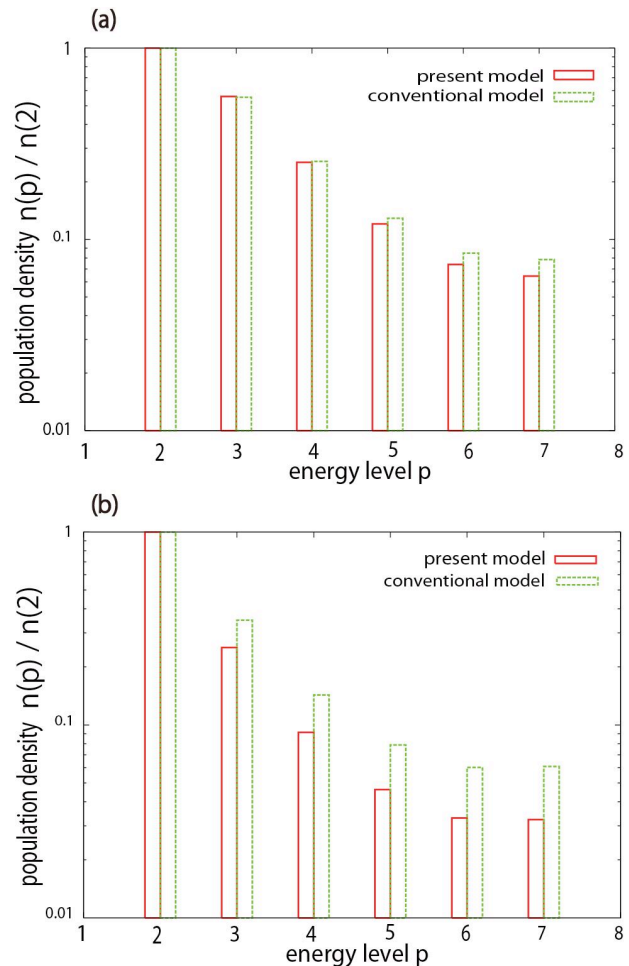


図 1. (a)定常時、及び(b)ELM 時の非平衡 EEDF を用いた本研究モデルによる励起水素原子密度分布計算結果(実線)と Maxwell 分布を仮定した励起水素原子密度分布計算結果の比較