

SOL-divertor plasma simulations introducing anisotropic temperature with virtual divertor model

東郷 訓, 滝塚 知典^a, 中村 誠^b, 星野 一生^b, 小川 雄一

東京大学大学院新領域創成科学研究科

^a 大阪大学大学院工学研究科

^b 日本原子力研究開発機構

ITERやDEMOのスクレイプオフ層(SOL)やダイバータの性能を予測するために SOLPS [1]やSONIC [2]といった周辺プラズマ輸送コードパッケージが広く用いられている。しかしながらシミュレーション結果は実験結果と十分に一致しない場合がある[3, 4]。この問題を解決するための第一歩として、流体モデルに非等方温度 T_{\parallel} , T_{\perp} を導入することで次元SOL-ダイバータコードの改良を行う。開いた磁力線の系であるSOL-ダイバータプラズマにおいては、エネルギーの平行方向成分の移流によるロスが垂直成分より大きく、 T_{\parallel} が T_{\perp} よりも低くなる。particle-in-cellモデルとモンテカルロ二体衝突モデルを組み合わせた運動論的シミュレーションでは、中程度の衝突周波数領域でもイオン温度における顕著な非等方性が示されている[5, 6]。平行方向の運動方程式の中の二階微分項である粘性項は温度の非等方性によるものであるが、非等方温度を導入することでこれを排除することが出来る。結果としてSOLの流速分布は従来の等方温度による流体シミュレーションから変わるかもしれない。上記の改良によってSOL-ダイバータシミュレーションによる予測性能が向上する可能性がある。

粘性項を含む運動方程式には境界条件が一つ多く必要になる。既存のSOL-ダイバータプラズマコードの多くはターゲット板手前のシース入口におけるBohm条件 $M = 1$ (M はマッハ数)を採用しているが、厳密なBohm条件は $M \geq 1$ と下限のみを定めるものである。粘性項が排除されれば、プラズマの流れは上流の条件のみで決定できる。シースの効果を陰的に表現するために、「仮想ダイバータモデル」を採用している。仮想ダイバータは粒子・運動量・エネルギーの人工的なシンクとして働く。このモデルにより、一般的なSOL-ダイバータコードが用いてきたターゲット板での非線形な境界条件による複雑な計算アルゴリズムから解放される。現在までにイオンの連続の式、平行方向の運動方程式、エネルギー方程式(単一の温度 T)を解いており、ターゲット板での超音速流れの再現に成功している。発表では仮想ダイバータモデルの概要と計算結果について述べる。今後はイオン温度 T_i と電子温度 T_e の区別、非等方イオン温度 $T_{i\parallel}$, $T_{i\perp}$ の導入を行う。

- [1] R. Schneider et al., Contrib. Plasma Phys. **46** (2006) 3.
- [2] H. Kawashima et al., Plasma Fusion Res. **1** (2006) 031.
- [3] A.V. Chankin et al., J. Nucl. Mater. **390-391** (2009) 319.
- [4] M. Wischmeier, et al., J. Nucl. Mater. **415** (2011) S523.
- [5] T. Takizuka et al., J. Nucl. Mater. **128-129** (1984) 104.
- [6] A. Froese et al., Plasma Fusion Res. **5** (2010) 026.