

トカマクプラズマの閉じ込め改善放電における
タングステン輸送シミュレーション

**Tungsten Transport Simulation in Improved Confinement Discharges
of Tokamak Plasmas**

持永祥汰¹、糟谷直宏^{1,2}、福山淳³、矢木雅敏⁴

MOCHINAGA Shota¹, KASUYA Naohiro^{1,2}, FUKUYAMA Atsushi³,
YAGI Masatoshi⁴

¹九大総理工、²九大応力研、³京大、⁴量研機構

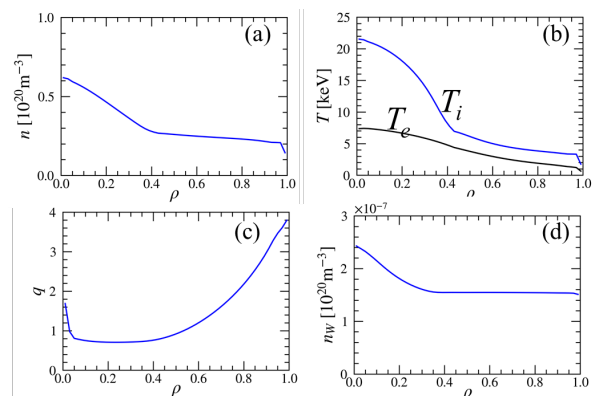
¹IGSES, Kyushu Univ., ²RIAM Kyushu Univ., ³Kyoto Univ., ⁴QST

炉心プラズマ領域に内部輸送障壁(ITB)を有する負磁気シアモードや高 β_p モードは高性能プラズマの実現に至るプラズマ放電モードとして研究が進められている[1]。しかし、内部輸送障壁が形成される領域において強い密度勾配ができる場合、不純物イオンの内向き新古典ピンチ成分が駆動され、炉心プラズマ中の不純物蓄積が進む可能性がある[2]。一方で強い温度勾配は内向きの新古典ピンチ成分を抑制するため、ITB領域における不純物の挙動はバルクプラズマ分布に依存する新古典輸送過程が重要となる。国際熱核融合炉ITERや原型炉のダイバータや真空容器壁の材料に使用されるタングステンは、不純物として炉心プラズマ中に混入するとプラズマ性能を大きく低下させる。本研究では、負磁気シアモードおよび高 β_p モードのITBプラズマにおける、タングステンイオンの分布形成過程を明らかにすることを目的として、不純物輸送シミュレーションを行った。

本研究では、統合輸送シミュレーションコードTASK[3]において、バルクプラズマの1次元輸送モジュールTASK/TRと不純物イオンの1次元輸送モジュールTASK/TIを連携して計算を行う。バルクプラズマおよび不純物の輸送モデルとして、新古典輸送係数はNCLASS[4]ルーチン、乱流輸送係数はCDBM(Current Diffusive Ballooning Mode)モデル[5]もしくはmBgB(mixed Bohm / gyro-Bohm)モデル[6]を用いて評価した。CDBMモデルではバルーニングモードが安定化される負磁気シアあるいは弱磁気シア領域の輸送抑制がITBを形成させる。一方でmBgBモデルでは $E \times B$ フローシアと磁気シアによる乱流輸送抑制がITBを形成させる。

図にmBgBモデルを用いた場合の高 β_p モードのプラズマ分布を示す。プラズマパラメータは

JET トカマクを参照しており、プラズマ電流 $I_p = 2.2\text{MA}$ 、磁場 $B_T = 2.6\text{T}$ 、NBI加熱パワー $P_{NB} = 15\text{MW}$ 、イオンサイクロトロン加熱パワー $P_{ICRH} = 5\text{MW}$ である。プラズマ中心近傍では弱磁気シア領域となることで輸送改善が起こる。 $\rho \sim 0.2 - 0.4$ では $E \times B$ フローシアによる輸送安定化の影響が強く、 $\rho \sim 0.4$ からイオン温度分布にITBが形成される。また、バルクプラズマの密度勾配も強くなるため、タングステンの内向き粒子ピンチ成分が駆動されて中心部でのタングステン密度は増加する。発表ではタングステン輸送の負磁気シアモードにおける時間発展や、高 β_p モードにおけるNBI加熱パワー依存性について計算結果を報告する。



図：高 β_p モードにおける(a)プラズマ密度、(b)プラズマ温度、(c)安全係数、(d)タングステン密度の径方向分布。

- [1] T. Fujita, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **78**, 2377 (1997).
- [2] R. Dux, *et al.*, J. Nucl. Mater. **313**, 1150 (2003).
- [3] M. Honda, *et al.*, Nucl. Fusion **46**, 580 (2006).
- [4] W. Houlberg, *et al.*, Phys. Plasmas **4**, 3230 (1997).
- [5] M. Yagi, *et al.*, Phys. Fluids B **5**, 3702 (1993).
- [6] M. Erba, *et al.*, Nuclear Fusion, **38**, 1013 (1998).