トカマク閉じ込め改善放電における不純物輸送シミュレーション

Impurity transport simulation in improved confinement discharges of tokamak

持永祥汰¹、糟谷直宏^{1,2}、福山淳³、野中獎¹、矢木雅敏⁴ MOCHINAGA Shota¹, KASUYA Naohiro^{1,2}, FUKUYAMA Atsushi³, NONAKA Sho^{1,2}, 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

現在、国際熱核融合実験炉ITERの実験開始が 近づいており、また次世代の原型炉設計開発が 進められている。核融合炉では高温かつ高密度 のプラズマを定常的に閉じ込める必要がある。 内部輸送障壁を有する負磁気シアモードは高 性能プラズマの実現に至るプラズマ配位とし て研究が進められている[1]。しかし、ダイバー タや真空容器壁の材料に使用されるタングス テンが不純物として炉心プラズマ中に混入し、 プラズマ性能を低下させることが問題となっ ている。さらに、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、内向き の新古典ピンチ成分が駆動されて不純物蓄積 が進む可能性がある[2]。本研究では、負磁気シ アモード放電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。不純物のイオン化・再結合係数は OPEN-ADAS データベース[7]を用いて評価し た。プラズマパラメータは JET トカマクを参照 して設定した。

負磁気シアモードの計算では、プラズマ電流 の立ち上げと同時に外部加熱を増加すること によって、凹状の電流分布に伴う負磁気シア領 域ならびに内部輸送障壁を形成させる。図に乱 流モデルとして CDBM を用いた場合の負磁気 シアモードにおけるタングステン密度分布の 時間発展の例を示す。ここでは、電流立ち上げ が終わった t = 4s 以降から階段状のタングステ 密度分布となっていることがわかる。これは、 形成された内部輸送障壁において、タングステ ンの内向きの粒子ピンチ成分が強くなったこ とによる。時間経過に伴って内部輸送障壁はプ ラズマ中心方向に近づき、バルクプラズマの密 度勾配が小さくなったため、内向きの粒子ピン チ成分が抑制され、タングステン密度が低下す る。発表では、粒子ソースによるバルクプラズ マ密度制御を行い、内部輸送障壁の変化に伴う 不純物密度分布から不純物輸送過程を解析し た結果について報告する。



図: 負磁気シアモードにおけるタングステン密度分布の時間発展。

- [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).
- [7] http://open.adas.ac.uk/