

Examination of tungsten transport model by comparison with JT-60U experimental data

竹本壮汰 1), 藤田隆明 1), 岡本敦 1), 小林京平1), 仲野友英 2), 林 伸彦 2)
TAKEMOTO Sota 1), FUJITA Takaaki 1), OKAMOTO Atsushi 1), KOBAYASHI Kyohei 1),
NAKANO Tomohide 2), HAYASHI Nobuhiko 2)

1)名大, 2)量研

1)Nagoya Univ., 2)QST

1. Introduction

ITERや原型炉においてダイバータターゲットの材料として使用されることになっているタングステン(W)は、高Z元素であるため、不純物としてトカマクプラズマへ混入した際の放射損失の大きさが懸念されている。

大型トカマク装置JT-60Uでは、Hモードプラズマにおいてプラズマ電流と逆向きのトロイダル回転の増大とともにW蓄積が増加することが観測されている[1]。この現象の理解のため、理論的な考察からトロイダル回転あるいは径電場に伴うピンチモデル(PHZピンチ、Erピンチ)が提唱され[2]、輸送コードTOTALに組み込まれ、タングステン蓄積のトロイダル回転依存性を再現できるか検討されてきた[3]。

本研究では、これまで実験データとの比較が行われていなかったW蓄積量の径方向分布に着目し、W輸送モデルの妥当性の検討を行った。

2. Models

k価のWイオンの密度 n_k を解くレート方程式(式1)および粒子束(式2)を以下に示す。

$$\frac{\partial n_k}{\partial t} = -\frac{1}{V'} \frac{\partial}{\partial \rho} (V' \Gamma_k) \quad (1)$$

$$+[\gamma_{k-1} n_{k-1} + \alpha_{k+1} n_{k+1} - (\gamma_k + \alpha_k) n_k] n_e$$

$$\Gamma_k = -(D_k^{NC} + D_k^{AN}) \frac{\partial n_k}{\partial \rho} + (V_k^{NC} + V_k^{AN}) n_k \quad (2)$$

ここで γ_k はk価からk+1価への電離係数、 α_k はk+1価からk価への再結合係数である。Wの輸送は新古典輸送(NC)と異常輸送(AN)で記述される。新古典輸送は理論的に予測できるが、異常輸送についてはモデルの検討が必要である。異常拡散係数 D_k^{AN} について①簡易的に新古典論の定数倍の大きさを与えるモデル(式3)と②熱拡散係数をベースとした拡散を与えたモデル(式4)を用い、実験データとの比較によりそれぞれのモデルの妥当性を検討することとした。

$$D_k^{AN} = f \times D_k^{NC} \quad (3)$$

$$D^{AN} = C(0.3 + 0.7\rho) \frac{X_e X_i}{X_e + X_i} \quad (4)$$

3. Comparison method

JT-60Uでは放射損失の計測としてポロメータレイおよび軟X線計測器が用いられている。Wイオンからの放射損失は線放射が支配的であることから、その寄与が見えやすい軟X線計測器の計測値を用いた比較を行った。計測値は視線(図1)の放射損失の線積分値であることと、制動放射の一部は軟X線計測器で感度を持つエネルギー範囲外(~3keV)であることを考慮した計算モジュールを構築し比較した。

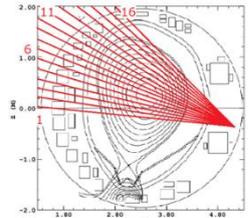


図1 軟X線測定視線

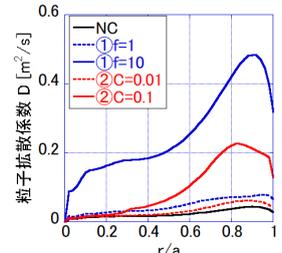


図2 拡散係数の分布

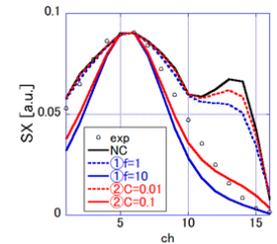


図3 軟X線強度比

4. Result

異常拡散を考慮した拡散係数(図2)を用い、W輸送シミュレーションを行った結果を図3に示す。トロイダル回転が小さく、W蓄積が小さいケースについての比較を行った。新古典拡散のみの場合、CH11~15付近に実験にはないピークが存在しているが、どちらのモデルを使用した場合でも、異常拡散の寄与を大きくすることで、実験の分布に近づく結果となった。本研究は、量研原型炉研究開発共同研究および量研トカマク炉心プラズマ共同研究の支援を受けた。

[1] T. Nakano, J. Nucl. Mater. **415**, S327-S333 (2011)

[2] K. Hoshino, et al., Nucl. Fusion **51**, 083027 (2011)

[3] Y. Shimizu, et al., Plasma and Fusion Res. **10**, 3403062 (2015)