

# ダイバータプラズマにおけるイオン - 中性粒子間の 大角度弾性散乱効果および熱流束への影響

## Effect of large-angle elastic scattering between ion and neutral particles on heat flux in divertor plasma

梅崎大介○、 松浦秀明

UMEZAKI Daisuke, MATSUURA Hideaki

九大院工エネルギー量子工学専攻

Applied Quantum Physics and Nuclear Engineering, Kyushu University

### 【緒言】

核融合炉開発において、ダイバータ板にかかる熱負荷の低減は最重要課題の一つである。熱負荷の低減のために、将来の核融合炉ではプラズマとダイバータ板が接触しない、デタッチメントが採用される予定である。デタッチメントの実現にはネオンやアルゴンなどの不純物粒子を注入し、周辺プラズマに流入するパワーを放射損失させる必要がある。したがって周辺プラズマにおいて、プラズマ密度プロファイルやヒートフラックス、不純物粒子の挙動の評価は非常に重要であり、国内外で多くの統合コード (SONIC[1]など) が開発されている。それらのコードは過去の実験の再現や原型炉設計などにおいて多くの実績を残しているが、例えばJT-60Uの実験再現計算[2]ではストライクポイントにおけるイオンフラックスを実験値から2~3倍過大評価するなど、いくつかの熱負荷の評価に重要なパラメータに対して定量的な再現には至っていない。また、周辺プラズマ領域における径方向輸送はその機構が解明されておらず、異常輸送として扱われている。

一方、JT-60Uの実験では、イオンフラックスと同量程度の中性粒子フラックスが観測されている[3]。イオン-中性粒子間弾性散乱では大角度散乱も生じ、クーロン散乱に比べて一度の散乱で大きなエネルギーが輸送され、粒子の軌道も大きく変化する。しかしながら統合コードでは径方向への弾性散乱の影響は考慮されていないか、流速の一部として限定的に考慮されているかであり、大角度散乱効果は考慮されていない。本研究では、流体方程式に散乱確率関数[4]を適用し、大角度弾性散乱効果、特に熱流束への影響を調査した。

### 【解析方法と結果】

本研究ではプラズマに対する流体方程式[5]を解いた。計算体系はJT-60Uのダイバータプラズマを参考に構成した。磁場並行方向の流速と同じ速度を持つイオンが、背景の等方的な中性粒子に散乱されると仮定し、散乱確率関数を用いて各セルへのソース項を計算した。これを大角度弾性散乱輸送モデルと呼称する。Fig. 1に10 eVの重陽子が10 eVの温度を持つ重水素原子に散乱された場合の確率分布を示す。また、Fig. 2に大角度弾性散乱輸送モデルを導入した場合と導入しない場合のダイバータ板上におけるピーク熱流束の比を示す。横軸の $\alpha_T$ は中性粒子に対するパラメータであり、中性粒子温度 $T_n$ はイオン温度 $T_i$ と $T_n = T_i \times \alpha_T$ のように関係すると仮定した。発表ではモデルの詳細な説明を行い、大角度散乱がダイバータ板上の密度分布や熱流束に及ぼす影響を議論する。

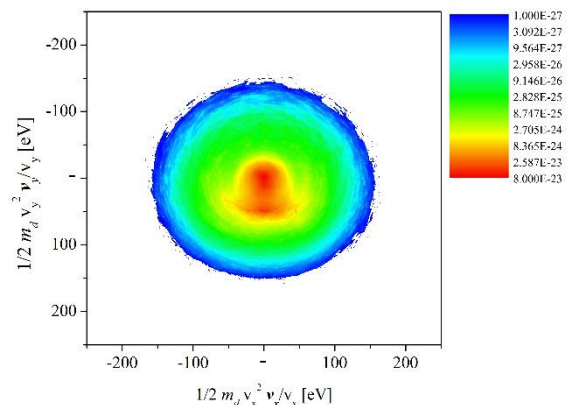


Fig. 1: The example of probability the 10 eV ions are scattered by neutral particles with 10 eV Maxwellian.

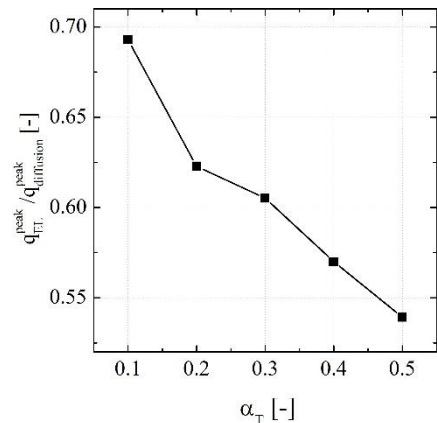


Fig. 2: Relative comparison of the large angle scattering effect by the change of  $\alpha_T$  on the peak of heat flux on the divertor plate.

- [1] H. Kawashima et al., Plasma Fusion Res. **11** (2006) 031. [2] K. Hoshino et al., J. Nucl. Mat. **463** (2015) 573.  
 [3] T. Takizuka et al., JAERI-Research 2003-010. [4] H. Matsuura et al., Phys. Plasmas **13** (2006) 062507.  
 [5] S.I. Braginskii, Transport processes in a plasma Reviews of Plasma Physics **1**, (1965)