

空間非一様な輸送係数を導入した非接触プラズマシミュレーション Detached plasma simulation with spatially non-uniform transport coefficient

夏目祥揮¹、田中宏彦¹、梶田信²、服部聖悟¹、井戸太一¹、大野哲靖¹

Hiroki NATSUME¹, Hirohiko TANAKA¹, Shin KAJITA²,
Shogo HATTORI¹, Taichi IDO¹, Noriyasu OHNO¹

¹名大院工、²名大未来研

¹ Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., ² IMaSS, Nagoya Univ.,

1. 背景

熱核融合発電炉において、炉心プラズマから流出した超高温プラズマは磁力線に沿って輸送され、ダイバータ領域に流入する。対策を講じない場合には、ダイバータ板材料の工学的許容熱負荷を超える熱負荷がダイバータ板に加わる。そのため、この熱負荷の処理が重要な課題であり、プラズマ-ガス相互作用を利用して熱流束を低減させる非接触プラズマが期待されている。

これまでの非接触プラズマ研究では、磁力線方向の非接触プラズマ構造の理解が進められてきた。しかし近年、非接触プラズマ中で磁力線を横切るプラズマ輸送が増大し、その輸送過程が非拡散的であることが観測されている[1]。同輸送の増大は熱負荷分布を変化させることから、正確な熱負荷予測のために、その物理機構の解明が求められている。磁場を横切る非拡散的プラズマ輸送は再結合過程が活発な再結合フロント近傍で局所的に増大することが示唆されており[2]、その駆動力の候補の一つとして中性粒子風による影響が考えられている[3]。本研究では、直線型プラズマ装置NAGDIS-II[4]を対象とした流体シミュレーションに上記の非一様輸送効果を組み込んで実験と比較し、輸送係数と再結合速度係数の依存関係を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

局所的に増大するプラズマ輸送をシミュレーションで再現するために、本研究では2次元流体コードLINDA[5]を改変して、空間的に非一様な輸送係数(拡散・対流)を導入可能とした。まずベンチマークテストとして、同一の上流境界条件のもと、一様な拡散係数を変化させた際の計算結果を比較した。

実験ではNAGDIS-IIで生成した定常ヘリウムプラズマに対し、トムソン散乱光計測によって

上流および下流位置における径方向プラズマパラメータ分布を計測し、さらに非接触プラズマの条件下では、ダブルプローブを用いて再結合フロント近傍における径方向・軸方向の2次元空間分布計測を行った。

トムソン散乱光計測によって得られた上流プラズマパラメータを上流境界条件としてシミュレーションを実行した。図1は結果の一例である。径方向拡散係数を一様に0.3 m²/sとし、これに加えて、軸方向位置Z = 1.5-2.05 mの領域内では対流項(5 m/s)を与えている。

本発表では、輸送係数の与え方によるプラズマパラメータ分布のシミュレーション結果の変化、およびプラズマ計測結果との比較に関して報告する。

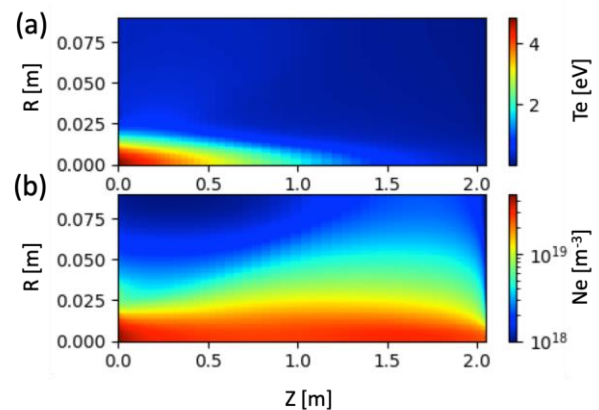


図1 (a)電子温度分布と(b)電子密度分布の流体シミュレーション結果。Z = 0は陽極位置を示す。

[1] N. Ohno, Plasma Phys. Controlled Fusion **59**, 034007 (2017).

[2] H. Tanaka, *et al*, Plasma Phys. Controlled Fusion **60**, 075013 (2018).

[3] S. I. Krasheninnikov and A. I. Smolyakov, Phys. Plasmas **10**, 3020 (2003).

[4] N. Ohno, *et al.*, Nucl. Fusion **41**, 1055 (2001).

[5] H. Tanaka, *et al.*, Phys. Plasmas **27**, 102505 (2020).