

流体コードLINDAとの統合をめざしたNAGDIS-IIヘリウムプラズマおよび  
水素プラズマの中性粒子輸送コードの整備

Neutral transport code for coupling with LINDA code of  
NAGDIS-II helium and hydrogen plasmas

増田翔太<sup>1</sup>, 澤田圭司<sup>1</sup>, 本郷棟太<sup>1</sup>, 土居健志<sup>1</sup>, 関谷光之<sup>1</sup>,  
夏目祥揮<sup>2</sup>, 井戸太一<sup>2</sup>, 田中宏彦<sup>2</sup>, 大野哲靖<sup>2</sup>, 林 祐貴<sup>3</sup>

MASUDA Shota<sup>1</sup>, SAWADA Keiji<sup>1</sup>, HONGO Tota<sup>1</sup>, DOI Takeshi<sup>1</sup>, SEKIYA Koshi<sup>1</sup>,  
NATSUME Hiroki<sup>2</sup>, IDO Taichi<sup>2</sup>, TANAKA Hirohiko<sup>2</sup>, OHNO Noriyasu<sup>2</sup>, HAHASHI Yuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>信州大工, <sup>2</sup>名大院工, <sup>3</sup>核融合研

<sup>1</sup>Shinshu Univ., <sup>2</sup>Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., <sup>3</sup>NIFS

大型核融合装置のダイバータ非接触プラズマにおける粒子・運動量・エネルギーバランスを解明するため、直線型ダイバータプラズマ模擬試験装置NAGDIS-II(図1)による実験が行われている。本研究では、実験の理解を深めるためにNAGDIS-IIプラズマ統合シミュレーションコードの構築を進めている。

統合シミュレーションコードは、荷電粒子を扱う流体コードLINDAと中性粒子を扱う衝突輻射モデル・中性粒子輸送コードから構成される。ヘリウムと水素のプラズマを対象としているが、現在は扱いが簡単なヘリウムプラズマのコードを優先して整備している。

流体コードLINDAは、名古屋大チームが整備を進めている。ヘリウムプラズマを対象にしたコードの精密化[1]ならびに水素プラズマ計算のための多流体化を進めている。

中性粒子輸送コードは、信州大チームが整備を進めている。本研究では、中性粒子輸送コード中の計算領域をNAGDIS-IIの形状にし、装置内部を1辺0.5cmの立方体で分割している。

LINDAコードでは、イオンと電子の密度・温度・流速が計算される。中性粒子輸送コードでは、原子の密度・速度分布が計算される。両コードともに、他方の出力結果が計算に必要なため、2つのコードを交互に動かし、収束するまで計算を行う。

ヘリウムプラズマ統合コードでは、今まで電離プラズマを扱っていたが、モデルの整備により再結合プラズマを対象に計算できるようにした。再結合速度係数は後藤ヘリウム衝突輻射モデル[2]の計算を用いた。

ヘリウムプラズマを対象にした中性粒子輸送コードでは、ターゲットに衝突するイオンの中性化によりターゲットから放出された原子と体積再結合によって発生した原子の追跡を行う。放出された原子は、体積再結合によって放出された粒子群、ターゲットから放出された粒子群に分けて集計している。さらにターゲットから放出された粒子群は、イオンまたは原子との衝突を経験した粒子群と経験していない粒子群に分けて集計している。反応は、非弾性散乱、背景イオンとの弾性散乱や荷電交換、背景原子との弾性散乱を

考慮している。一定数の原子を追跡・集計して得られた原子密度と速度分布を背景原子として与え、再び一定数の原子を追跡する。これらを諸量が収束するまで繰り返す。図2および図3は計算結果の例である。

非接触プラズマの理解において、ターゲット近傍の中性原子との弾性散乱・荷電交換にともなうイオンの運動量損失の評価が重要であると思われる。中性粒子輸送コードでこれを計算して、LINDAコードでの計算にフィードバックしている。

学会ではヘリウムプラズマの中性粒子輸送コードを中心に、水素プラズマの中性粒子輸送コードについても説明する予定である。



図1 直線型ダイバータ模擬試験装置 NAGDIS-II

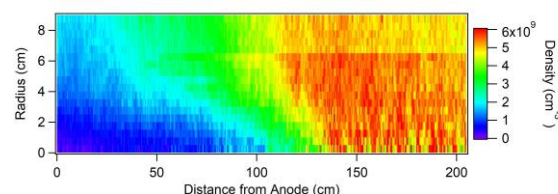


図2 ターゲットから放出されたヘリウム基底原子を追跡・集計した密度分布(陽極-ターゲット間)

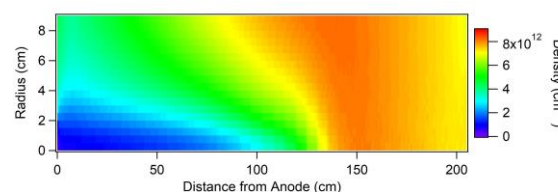


図3 体積再結合で放出されたヘリウム基底原子を追跡・集計した密度分布(陽極-ターゲット間)

[1] H. Tanaka, I. Saeki, N. Ohno, S. Kajita, T. Ido, H. Natsume, A. Hatayama, K. Hoshino, K. Sawada, M. Goto, *Physics of Plasmas* **27**, 102505 (2020).

[2] M. Goto, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* **76**, 331-344 (2003).