

流体コードLINDAの多流体化と直線型水素プラズマのモデリング Fluid code LINDA multi-fluidization and linear hydrogen plasma modeling

井戸太一¹, 夏目祥揮¹, 田中宏彦¹, 大野哲靖¹,
 澤田圭司², 増田翔太², 梶田信³, 畑山明聖⁴, 星野一生⁴
 T. Ido¹, H. Natsume¹, H. Tanaka¹, N. Ohno¹, K. Sawada²,
 S. Masuda², S. Kajita³, A. Hatayama⁴, K. Hoshino⁴

¹名大院工, ²信州大工, ³名大未来研, ⁴慶應大理工

¹Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²Shinshu Univ., ³IMaSS, Nagoya Univ., ⁴Keio Univ.

熱核融合炉の実現にむけてダイバータ板へ流入する熱流束の低減は最重要課題の一つであり、中性粒子との相互作用によるプラズマの非接触化[1]は有力な解決案として提案されている。将来の熱核融合炉の設計・制御のためにはこうした非接触プラズマ現象を含めたSOL・ダイバータ領域のシミュレーションを行う必要があり、これまでに数多くの大規模数値シミュレーションコードが開発されてきた。しかし、導入されている物理モデルの精度が不十分な可能性があり、非接触プラズマ実験の再現には至っていない。そこで、物理モデルの精度向上のために、形状が単純で各種計測が比較的容易な直線型実験装置とシミュレーションでの比較検証が有効である。

我々は、放電の再現性が高く、計測装置の豊富なNAGDIS-II[2]による実験結果と、大規模コードと比較して開発・計算コストの低い流体コードLINDA[3][4]による計算結果の比較検証を進めることで、非接触プラズマ実験の再現に寄与する物理過程の解明を進めている。本研究では水素原子・分子イオンが共存する多流体LINDAコードの開発を行った。既存の多流体LINDAコードでは主となるイオン種と低密度の不純物イオンによる多流体計算[3]を実施しているが、新たに開発しているコードでは同程度の密度の多種イオンを扱うことを可能としており、水素放電を行った際の各種イオンのふるまいや、非接触プラズマの形成に果たす役割について調査している。

図1は H^+ , H_2^+ , H_3^+ により構成されたプラズマの軸上1次元分布である。初期分布として上流電子温度5 eV, 上流イオン温度0.5 eV, 上流電子密度 10^{19} m^{-3} , 上流 H^+ 密度 $6 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$, 上流 H_2^+ 密度 $2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$, 上流 H_3^+ 密度 $2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ を与え、中性粒子として水素分子密度を 10^{20} m^{-3} の条件で計算した。図1の密度分布より、初期条件から変わらず H^+ 密度が一番多いが、 H_2^+ と H_3^+ に関し

ては H_3^+ 密度の方が大きくなるのが分かる。

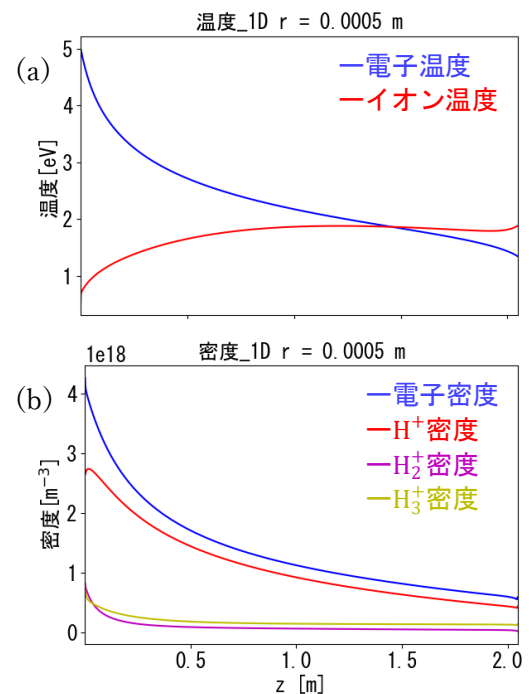


図1 軸上1次元分布

(a) 温度分布 (b) 密度分布

講演では、上記プラズマパラメータについて、水素原子・分子イオンのイオン種の構成を変更した際の影響について報告を行う。

- [1] N. Ohno, et al., Plasma Phys. Control. Fusion **59** (2017) 034007
- [2] N. Ohno, et al., Nucl. Fusion **41** (2001) 1055-1065
- [3] M.S. Islam et al., Plasma Phys. Control. Fusion **59** (2017) 125010
- [4] H. Tanaka, et al., Physics of Plasmas (2020) 102505