

統合輸送シミュレーションによる LHD プラズマの熱・粒子輸送モデリング Heat and particle transport modeling of LHD plasma by integrated transport simulation

前田渉吾, 村上定義, 山口裕之, 福山 淳, 永岡賢一¹, 高橋裕己¹, 中野治久¹, 長壁正樹¹, 田中謙治¹,
横山雅之¹, LHD 実験グループ¹,
S. Maeta, S. Murakami, H. Yamaguchi, A. Fukuyama, K. Nagaoka¹, et al.¹

京大工, 核融合研¹
Kyoto University, NIFS¹

核融合では様々な時間・空間スケールの物理現象が, 温度・密度などの空間分布や電磁場を通して密接に関係している. そのため核融合プラズマの総合的理解には, それぞれの物理現象のシミュレーションコードを組み合わせた統合シミュレーションコードが必要である. 我々はヘリカル型プラズマの統合輸送シミュレーションコードとしてトカマク型プラズマの統合輸送シミュレーション TASK をベースにした, TASK3D の開発を進めてきた [1,2].

大型ヘリカル装置 (LHD) では 2017 年から重水素実験が計画されている. この実験において, エネルギー閉じ込めにおける同位体効果の検証は重要な課題の一つとなっている. LHD では重水素実験に先立って, 同位体効果の存在を検証するため, 2014 年に He プラズマを用いた実験が行われた. 結果として, He イオンの割合の増加に伴い, イオン温度が上昇するという結果が得られた [3]. 本研究では, LHD で行われた H/He 実験プラズマの熱輸送について TASK3D を用いて検証を行う.

実験計測により得られた He イオン割合, プラズマ密度・温度を用いて得られた加熱分布, 新古典輸送および従来の軽水素に対する乱流輸送モデルを用いて TASK3D で熱輸送シミュレーションを行った. 結果として, 実験値のような He イオン割合の増加によるイオン温度の上昇が得られなかった. これは, He イオン割合の増加によるイオン熱輸送の改善が必要であることを示している. そこで, He プラズマに対するイオン乱流輸送モデルの改良を考えた. その結果, 実効電荷数 Z_{eff} 依存モデル $\chi_i^{TB} = \overline{\chi_i^{TB}} \times \exp(-kF(Z_{eff} - c))$, および実効質量数 A_{eff} 依存モデル $\chi_i^{TB} = \overline{\chi_i^{TB}} \times \exp(-kF(A_{eff} - c))$ を仮定することにより, He 実験値の傾向を再現することができた. また, Z_{eff} に依存するモデルよりも A_{eff} に依存するモデルの方が実験をよく再現することが分かった (図 1,2). 本講演では, He プラズマの検証結果に加え, A_{eff} 依存モデルを用いた重水素プラズマシミュレーションの結果を述べる.

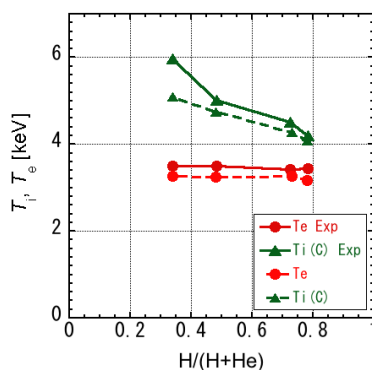


図 1: 水素割合によるプラズマ中心の温度変化

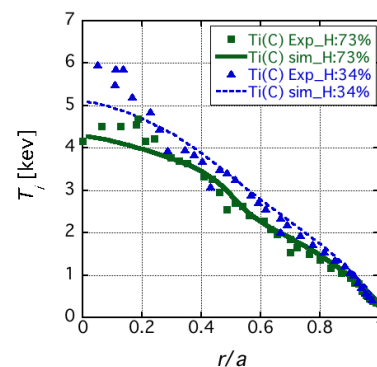


図 2: プラズマ温度の径方向分布

- [1] S. Murakami, et al., Plasma Phys. Control. Fusion **57** (2015) .
- [2] A. Sakai, et al., Plasma Fusion Res. **9** (2014) 3403124.
- [3] K. Nagaoka, et al., Plasma Fusion Res. **11** (2016) 2402106